平成 18・19 年度科学技術振興調整費
「重要政策課題への機動的対応の推進」
調査研究報告書

日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究

21 世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト

技術

専門部会報告書

（案）

平成 20 年（2008 年）3 月

内閣府　　文部科学省
日本学術会議　　国立教育政策研究所

本報告書は、科学技術振興調整費による委託費による委託業務として、日本学術会議、国立教育政策研究所が実施した平成 18・19 年度「日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の複製、転載、引用等には日本学術会議、国立教育政策研究所の承認手続きが必要です。

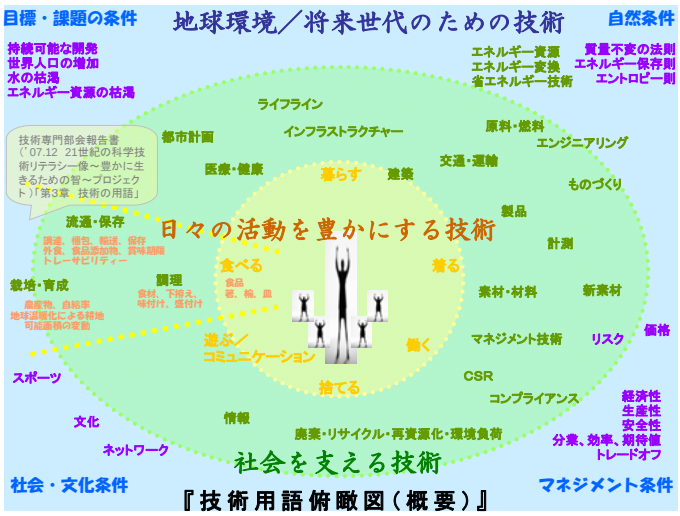
まえがき

●利用者を中心に議論

「技術リテラシー（技術の素養）」の報告書をまとめるにあたって、技術専門部会は「日常生活でごく普通に技術を使っている利用者に、技術リテラシー（技術の素養）がなぜ必要か」という質問から出発した。「利用者がいる」ことが技術の特徴だからである。常に利用者を中心において議論を進め、技術の本質や技術用語を説明する際には、何のために、誰のために使われているのか、という点から記述するアプローチをとった。科学的な原理を述べその応用として技術の姿を示す従来の記述方法では、技術リテラシーを説明しようとしても限界があるためである。勿論、既存の文献は大いに参考にしており、本報告書は先達の知見の上に成り立っている。

●技術用語の俯瞰図を作成

「利用者中心で考える」という基本方針に沿って「技術用語俯瞰図」を作成した。一人の利用者を図の中心に置き、「暮らす」「食べる」といった個人の日々の活動を豊かにするために、どのような技術知識（技術用語）が必要かをまず考え、さらに個人が生活を営んでいる社会を支える技術を洗い出し、全体をまとめようと試みた。技術用語俯瞰図によって、「我々は皆、多種多様な技術を日々利用している」という事実を浮かび上がらせることができた。身の回りにある道具を使うことから、発電所のような大型かつ複合型の技術システムに至るまで、あらゆる技術は、利用者を想定して生み出されている。だからこそ、どのような技術を創り出すのか、すでにある技術をどう発展させていくか、あるいは制限するのか、といった意思決定に際し、利用者ができる限り関与することが望ましい。技術リテラシーが求められる所以である。



『技術用語俯瞰図（概要）』

●技術リテラシーを構成する三要素

技術リテラシーは、技術に関する知識、技術を使うための方法論、そして実際に技術を使いこなす能力、の三要素から構成される。本報告書において技術リテラシーの内容をこのように整理した。

リテラシーに読み書きという意味がある通り、基本的な技術用語の意味を知ることと、その用語が使用される文脈を理解することは、ともに技術リテラシーの要素である。さらに、色々な技術に共通する「技術の性格」を理解し、技術と社会の関係や、技術の長大な歴史を知ることも欠かせない。もちろん、万人が個々の技術の詳細まで深く理解する必要はない。

技術は実践であるから、技術を使いこなす方法論を体験し、能力として身に付けることもまた重要であり、それらも技術リテラシーに含まれる。知識を持つにとどまらず、身の回りにある技術をうまく使ってこそ、人々は豊かに暮らすことができるからである。

●万人を結ぶ「公約数」としてのリテラシー

技術は何らかの問題を解くために生み出されるものであるから、技術を使うための方法論と使いこなす能力は、「問題解決の方法論と能力」と言い換えられよう。これは、技術者はもちろん、ごく普通の利用者にとっても有意義な能力である。誰もが知っておくとよい「公約数（必要最低限の共通項）としてのリテラシー」があれば、利用者と技術者がともに問題解決の方法論と能力を身に付けられ、利用者と技術者がコミュニケーションを取り合い、協力して、豊かな世界を追求し、持続可能な社会の未来像をデザインすることが可能になる。環境問題に顕著であるように、周りの人々、ひいては世界や将来の世代まで含めた豊かさを、利用者も技術者も視野に入れる時期が来ている。

誰もが最低限知っておくとよい公約数としての技術リテラシーはそれほど多くはないと考えられる。ただし、本報告書は「必要が生じた時、より深い知識や能力を効率的に獲得できる基盤となるもの」を公約数と想定して議論を進めており、「ここまでが公約数」という線はあえて引いていない。

概　要

本報告書は、「人間生活に役立つ」という技術の本質に基づき、利用者の視点から技術リテラシーを論じている。

技術リテラシーは「技術に関する知識、技術を使うための方法論、実際に技術を使いこなす能力、の三要素から構成される」素養である。技術は問題解決への実践を伴うことから、技術の方法や利用する能力も、リテラシーの要素として扱っている。今後も技術を生み出し、使い続け、豊かな社会を持続させていくためには、社会に住む全員がある一定以上の素養を持って技術の舵取りに参画していく必要がある。

現代社会に生きる我々は、意識をしているかどうかはともかく、技術の世界に暮らしており、何らかの技術リテラシーをすでに身に付けている。初めて飛行機に乗ったときのわくわく感、ちょっとした工夫で何かを達成した時の満足感は誰でも持っていよう。こうした夢や好奇心が技術リテラシーの根底にある。

日常生活において、賢い消費者であるために、技術リテラシーが役に立つ。技術の本質を理解し、取捨選択できれば、技術の利用や購入において得をするし、交通事故や薬の誤飲といった、技術が生んだ人工物にかかわる災害から身を守れる。

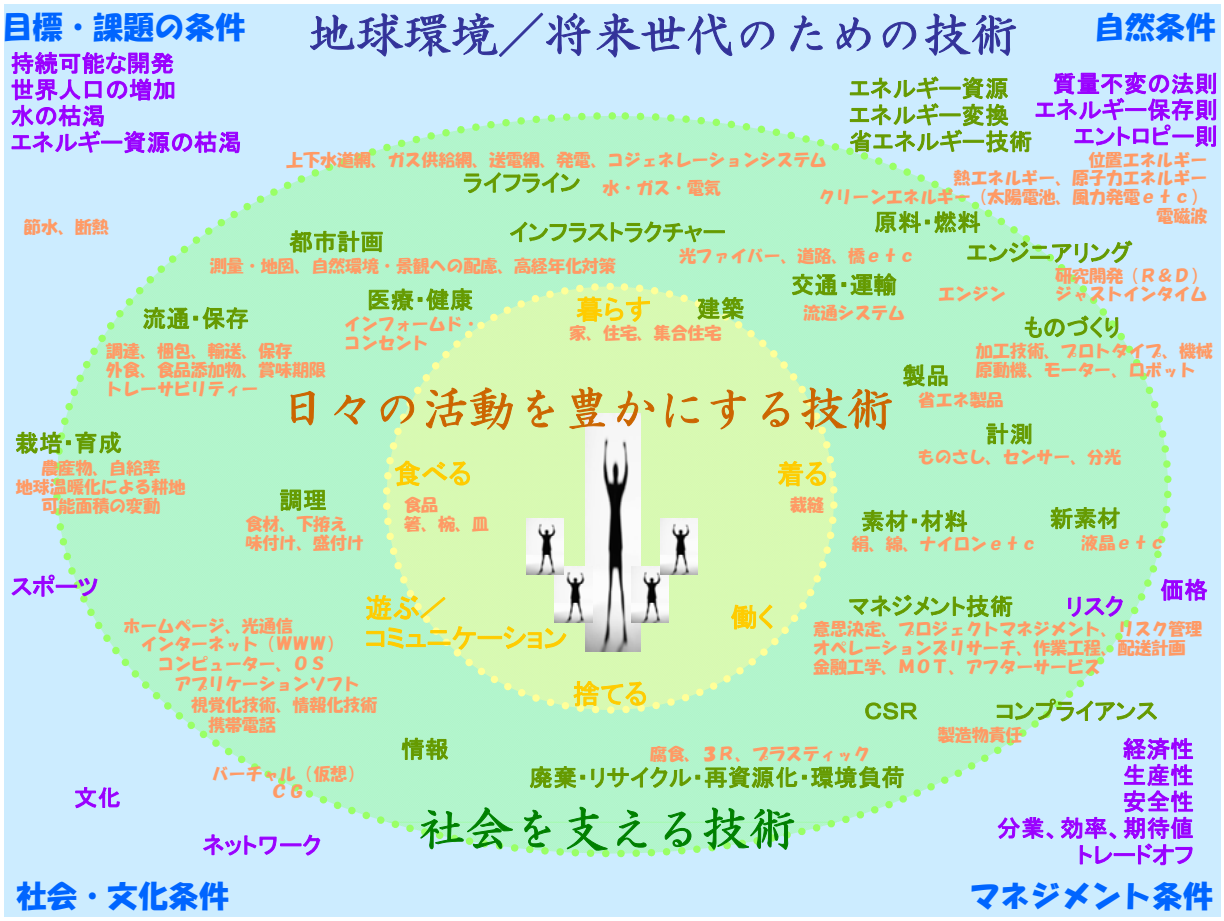
社会と技術が相互に変化していく中で、我々はうまく舵取りをして生き抜いていかなければならない。特に近年は、社会の持続可能な発展に向けた難しい舵取りを余儀なくされている。真に豊かな生活と社会を目指し、物の豊かさや単なる利便性だけでなく、バリアフリー、コミュニケーションの充実などをにらんだ、新たな未来像を皆でデザインしていく、こうした活動が求められており、そのための世界共通言語が技術リテラシーである。

本報告書は、技術の知識として理解しておくべきことを、「技術の本質」と個別の「技術の用語」に分けている。技術の本質については、「システム」「デザイン」「トレードオフ」「マネジメント」といった技術の共通性格に関する用語に加え、「技術と科学」、「技術と社会」、「技術の歴史」といったテーマを説明している。

技術の用語を説明するに際しては、技術用語俯瞰図という新たな試みを用いた。利用者から見て技術同士の関連性と技術の広がりが分かるように工夫したものである。図の中心に技術の利用者を置き、その周りに「日々の活動を豊かにする技術」を、さらにその周りに「社会を支える技術」、外縁に「地球環境／将来世代のための技術」を順に配置し、関連する用語は放射状に置いた。

持続可能な豊かな生活の実現に向けて、本報告書を多くの人に読んで頂きたい。海外へ発信することにも取り組みたい。本報告書を普及していくにあたり、世界初の試みである技術用語俯瞰図が役立つと期待している。俯瞰図の作成は始まったばかりだが今後、利用者、技術者双方の協力の下、充実させていく。技術は時代によって変化するため俯瞰図が完成することはないものの、将来の社会を思い描き、未来の若者のために必要となる用語や記述を盛り込んでいく。

技術用語俯瞰図


目標・課題の条件
持続可能な開発
世界人口の増加
水の枯渇
エネルギー資源の枯渇
地球環境／将来世代のための技術
自然条件
エネルギー資源
エネルギー変換
省エネルギー技術
質量不変の法則
エネルギー保存則
エントロピー則
位置エネルギー
熱エネルギー、原子力エネルギー
クリーンエネルギー（太陽電池、風力発電ｅｔｃ）
電磁波
上下水道網、ガス供給網、送電網、発電、コジェネレーションシステム
ライフライン
水・ガス・電気
節水、断熱
都市計画
測量・地図、自然環境・景観への配慮、高経年化対策
インフラストラクチャー
光ファイバー、道路、橋ｅｔｃ
原料・燃料
エンジニアリング
研究開発（Ｒ＆Ｄ）
ジャストインタイム
交通・運輸
エンジン
流通システム
医療・健康
インフォームド・コンセント
暮らす
家、住宅、集合住宅
建築
流通・保存
調達、梱包、輸送、保存
外食、食品添加物、賞味期限
トレーサビリティー
ものづくり
加工技術、プロトタイプ、機械
原動機、モーター、ロボット
製品
省エネ製品
日々の活動を豊かにする技術
計測
ものさし、センサー、分光
栽培・育成
農産物、自給率
地球温暖化による耕地可能面積の変動
食べる
食品
箸、椀、皿
着る
裁縫
調理
食材、下拵え
味付け、盛付け
素材・材料
絹、綿、ナイロンｅｔｃ
新素材
液晶ｅｔｃ
スポーツ
価格
遊ぶ／コミュニケーション
働く
マネジメント技術
意思決定、プロジェクトマネジメント、リスク管理
オペレーションズリサーチ、作業工程、配送計画
金融工学、ＭＯＴ、アフターサービス
リスク
ホームページ、光通信
インターネット（ＷＷＷ）
コンピューター、ＯＳ
アプリケーションソフト
視覚化技術、情報化技術
携帯電話
捨てる
CSR
製造物責任
コンプライアンス
経済性
生産性
安全性
分業、効率、期待値
トレードオフ
情報
腐食、３Ｒ、プラスティック
廃棄・リサイクル・再資源化・環境負荷
バーチャル（仮想）
ＣＧ
文化
ネットワーク
社会を支える技術
社会・文化条件
マネジメント条件

目　次

まえがき i
概　要 iii
技術用語俯瞰図 iv
目　次 v

第１章　はじめに 1
1.1　その豊饒（ほうじょう）な世界 1
1.2　全員が舵取りに参画 2
1.3　万人が知るべき“公約数” 4
1.4　技術リテラシーの利点 5
1.4.1　夢を実現できる 5
1.4.2 賢く生き抜ける 7
1.5　技術リテラシーの構造 12
1.5.1　技術の知識 13
1.5.2　技術の方法 14
1.5.3　技術の利用に必要な能力 14

第２章 技術の本質 16
2.1　技術の共通性格～技術とは何か 16
2.1.1　技術には利用者がいる 16
2.1.2　技術は人工物を生み、人の能力を拡大し、社会と共に進化する 17
2.1.3　技術はトレードオフとの戦いである 17
2.1.4　技術は複雑なシステムになっている 18
2.1.5　技術の理解にはシステム論が有効である 19
2.1.6　技術システムにはコントロール（制御）やマネジメント（管理）が必要である 19
2.1.7　技術は安全が第一であり、デザイン（設計）により制御される 20
2.1.8　技術や技術システムは技術開発の成果である 21

2.1.9　技術は移転する 22
2.1.10　技術や技術システムの導入にあたってはアセスメント（評価）が必要である 23
2.2 技術と科学 25
2.2.1　恩恵の受け方 25
2.2.2　定義と目的 25
2.2.3　動機 25
2.2.4　技術と科学の関係 25
2.3　技術と社会 26
2.4　技術の歴史 29
2.4.1　個人の生存技術とともに始まった技術の歴史 29
2.4.2　手工業の始まり 29
2.4.3　世界を変えた動力に関する技術 30
2.4.4　科学と結びついた技術 30
2.4.5　技術の質を変えた情報技術 30
2.4.6　生活を一転する可能性を秘めたバイオ技術 31
2.4.7　これからの社会を作る環境技術 31

第 3 章　技術の用語 32
3.1　技術用語俯瞰図 32
3.2　食べる技術 33
3.3　暮らす技術 34
3.4　働く技術 36

第 4 章 技術の実践 39
4.1　技術の方法 39
4.1.1　問題を試行錯誤で解く 39
4.1.2　技術で最適化を図る 39
4.1.3　技術は様々な方法論で支えられる 40
4.2　技術の利用に必要な能力 43
4.2.1　生活において必要な技術能力 43
4.2.2　生命維持に関する技術能力 43

4.2.3　技術を評価し、管理するための能力 44
4.2.4　創造性を必要とする技術能力 44

第５章　明日への提言 47
5.1　今、考えるべきこと 47
5.1.1　イノベーションと持続可能社会の両立 47
5.1.2　グローバリゼーションと豊かな社会のトレードオフ 49
5.2　これから取り組むべきこと 50
5.2.1　未来像を描く 50
5.2.2　日本の技術を育て生かす 52
5.3　行動計画 54
参考文献 56

技術専門部会名簿 58
索　引 59

第１章　はじめに

「技術」という言葉を聞いた時、あなたは何を思い浮かべるだろうか。宇宙ロケットや航空機、自動車に乗って縦横無尽に移動する。薄型テレビやDVD/HDDレコーダーなどAV（オーディオ・ビデオ）機器でテレビ放送や映画を楽しむ。パーソナルコンピューター（パソコン）や携帯電話を使い、インターネットを介して世界各国の人と電子メールをやり取りしたり、オークションで商品を売買する。今やネット経由で、株式を買ったり、銀行へ振り込みを依頼することもできる。いずれも典型的な技術の利用である。

人々が使う製品群の素材を造り出す製鉄所やガラス工場、化学プラントこそ、技術の象徴とみなす人もあろう。電化製品や工場設備に電気を供給する発電所が頭に浮かぶ人もいるだろう。電気に加え、あなたが住んでいる所には水とガスも供給されている。家から外に出て仕事に行くには、電車に乗ったり、車で高速道路を走る。建設技術によって建てられた高層ビルの中にある事務所で、仕事の連絡をとるために電話をかけファクシミリを送信する。身体の調子が悪くなれば病院に行き診療を受け、薬を貰う。電気・水道・ガス・交通機関・通信・病院、社会基盤と言われるこれらの仕組みはすべて技術の賜物と言える。さらに人間が生きていくために必要不可欠な食料は、農業や畜産によって生み出され、ここでも沢山の技術が駆使されている。

もっと身の回りにある、自分自身の手で扱える技術を意識する人もいるはずだ。果物の皮を包丁を使って剥く。火を使って料理する。飯ごうでご飯をたく。鋸と鉋、ハンマーを駆使して本棚を作る。中学校の技術の時間に、文鎮や折りたたみ椅子を作ったことを思い出す人がおられるかもしれない。手を動かして物を作り加工する技術の世界は、コンピューターに代表されるいわゆるハイテクの世界とは違った意味で非常に奥深い。世界的に評価を受けている伝統工芸の職人が持つ、鍛え抜かれた技術は驚くべき水準に達している。

1.1　その豊饒（ほうじょう）な世界

ざっと見ただけでも、技術が実に豊饒な世界を形成していることがお分かりだろう。技術とは、人々がよりよく生きるための技（わざ）のことであり、身の回りにある道具や機械の使い方から、社会・地球全体を支える大きな仕組みの準備・利用に至るまで、多種多様な内容を含んでいる。技術を生み、技術を使いこなすことにより、人々

は豊かに暮らせるようになった。

豊饒な技術の世界を再認識頂くために、本報告書においては、「技術用語俯瞰図」を作成した。冒頭の図をご覧頂きたい。一人の個人を図の中心におき、「暮らす」「食べる」といった個人の日々の活動を豊かにするために、どのような技術が使われているかを例示した。

個人は社会の中で生活を営んでいる。その社会を支える技術の例をさらに周辺に表記し、技術の全体像を俯瞰できるようにした。技術には必ず利用者がいる、このことを強調するため、代表的な技術を利用者を中心に整理して俯瞰図に表記し、エレクトロニクス、機械、素材、エネルギー、ICT（情報コミュニケーション技術）、農業といった分野ごとに個別技術を示すやり方はとらなかった。

膨大な技術群はすべて人間が工夫して生み出した技（わざ）であり、技術によって生まれた人工物は自然界にはもともと存在しなかった。人間が地球に登場してから今日に至る長い歴史の中で、人間は技術を生み出し、発展させてきた。自らの手を動かして使う道具、手作業を自動化した機械、複数の機械からなる大がかりな工場や設備、さらにはコンピューター・ソフトウエア・通信ネットワークを組み合わせた社会システムに至るまで、長い歴史を持つ技術と生まれて間もない技術とが現代社会の中で共存している。

現代に生きる我々は老若男女を問わず全員が、豊かに生きるために沢山の技術を使い、沢山の利益を得ている。我々は様々な技術が織りなす豊かな世界に住んでおり、地球上のどこを探しても、技術と無縁の生活をしている人はいない。我々全員は、技術に関する何らかの知識や、技術を使いこなす何らかの技能を既に身に付けている。

技術に関する知識、技術を使うための方法論、実際に技術を使いこなす能力（技能）をまとめて、本報告書では「**技術リテラシー**」（技術の素養）と呼ぶ。リテラシーとは、読み書きソロバンを意味する。いささか乱暴なことを言えば、読み書きソロバンができない人がいたとしても、技術リテラシーをまったく身に付けていない人はいない。繰り返しになるが、現代社会に生きる我々は、意識をしているかどうかはともかく、技術の世界に暮らしており、何らかの技術リテラシーを身に付けている。

1.2　全員が舵取りに参画

全員が身に付けているにも関わらず、あえて技術リテラシーという言葉を持ち出すのはなぜか。今後も技術を生み出し、使い続け、豊かな社会を持続させていくためには、個々人がすでに持っている技術リテラシーをさらに磨き、全員がある一定以上の

素養を持って技術の舵取りに参画していく必要がある。技術は社会を変えるし、社会の変化によって技術も変わる。社会と技術が相互に変化していく中で、我々はうまく舵取りをして生き抜いていかなければならない。そして、先達が豊饒な技術群を残してくれたように、次の世代に、豊かな社会とそれを支える技術を引き渡すことが、我々の責務である。

技術の舵取りとは、技術を上手に使いこなして利点を享受しながら、欠点をできる限り出さないようにすることを指す。技術はこれからも社会を豊かに、便利にしていくが、一方で技術は負の側面を必ず持っており、我々は難しい舵取りを余儀なくされる。負の側面の一例は公害や環境問題である。自然界に人が作用を及ぼすことによってこうした問題を引き起こす危険がある。

もちろん、技術の進展によって負の側面を解消できるが、その結果、別の負の側面が出てくることがあり、時代によって技術の負の側面は変化する。今後 20 年を考えると環境とエネルギーの問題が最も対処が難しいものになろう。次の世代に問題を先送りする愚を避けるには、世界各国が協力し合って、環境に負荷を与えない技術を生み出し、その技術を評価し、利用していくことが重要になる。

さらに厄介なことに、技術が進めば進むほどかえって人は技術が見えにくくなり技術が人から遠ざかる、といった事態が起きる。木をすり合わせて火をおこしていた時、火は人間と共にあった。その後も、薪を使ってお釜でご飯を炊くなど道具を使いながら、人は自分の手で火を使ってきた。だが、スイッチ一つでご飯を炊き温められる炊飯器や電子レンジが普及した今、人は火から遠ざかり、しかも炊飯器や電子レンジの仕組みを理解している人は少ない。極端な話、将来、何らかの理由で電気が供給されなくなった時、火をおこしてご飯を炊くことはもはやできないかもしれない。

同様の問題は技術のプロフェッショナルである技術者が働く工場においても起きている。作業の大半が機械によって自動化された結果、工場に勤務している技術者が自分の手で物を作れなくなり、しかも昔であればすぐに気付いた工場内の異変に気付かなくなる危険が生じている。また、CAD（コンピューター支援による設計）が普及したため、技術者はもはや自分の手で設計図面を書けなくなっている。このように、現代社会における技術は、高度に、巨大に、複雑になり、社会を支える基盤となったがゆえに、かえって身近に感じられなくなり、技術の担い手たる技術者であっても技術の全貌を把握しにくくなっている。

この問題を克服するには、改めて技術の素養についての関心を呼び起こし、一般の利用者から技術者まで、技術の世界に住んでいる万人が一定以上の素養を身に付ける

ことにより、技術の舵をもう一度、我々人間の手に取り戻さなければならない。技術リテラシーという言葉を担ぎ出した所以である。

先に述べたように、技術には必ず利用者がいる。身の回りにある道具を使うことから、発電所のような大型かつ複合型の技術システムに至るまで、あらゆる技術は、利用者を意識して生み出されている。したがって、どのような技術を創り出すのか、すでにある技術をどう発展させていくか、あるいは制限するのか、といった意思決定に際し、利用者が関与すべきであり、それゆえに、技術リテラシーは利用者にも求められる。

1.3　万人が知るべき“公約数”

本報告書でいう技術リテラシーには、重要ないくつかの技術が生まれた理由やその仕組みを理解することに加え、あらゆる技術に共通する性格を理解し、技術と社会の関係を知ることを含む。複雑な現代社会において、全ての技術知識や技能を一人ひとりが習得することは現実的ではないが、「公約数（必要最低限の共通項）」としての技術リテラシーであれば誰でも身に付けられる。

利用者も、技術者も、万人が知っておくべき公約数としての技術リテラシーがあれば、利用者と技術者がコミュニケーションを取り合い、協力して、豊かな世界を追求することが可能になる。技術の出発点は「人が豊かに暮らせる」であるものの、それが一人だけの豊かさを追及することであってはならないし、そのようなことはそもそも不可能である。環境問題に顕著であるように、周りの人々、ひいては世界や将来の世代をも含めた豊かさを、利用者も技術者も視野に入れる時期が来ている。

誰もが知っていればよいという技術リテラシーの公約数はそれほど多くはないと考えられる。報告書では「必要が生じた時に、より深い知識や能力を効率的に獲得するための基盤」を公約数として想定した。具体的には、「システム」「デザイン」「トレードオフ」「マネジメント」といったいくつかのキーワードとして表現した。

これらの言葉が意味する「技術に関わる方法論と能力」は「問題解決の方法論と能力」であり、技術者ではない人々にとっても有意義なものである。キーワードに込められた技術の共通性格と舵取りの勘所を理解すれば、我々は主体的に技術を評価し、選択し、利用し、現代社会の中にあって引き続き豊かに生きていけるはずである。

分からないことがあっても、技術の素養があれば、互いに教え合い、助け合い、補い合える。最重要事なので繰り返すが、技術の利用者と、技術の担い手である技術者の間における密接なコミュニケーションは、技術の舵を取っていく上で必須である。

その際、「技術は正負両面を必ず持つので、そのバランスを常に考える」というトレードオフの概念を、技術者と利用者が理解していれば、技術をさらに有効かつ安全に使っていけるであろう。大げさな表現をお許し頂ければ、技術リテラシーは人々が共に生きていくために使う共通言語なのである。

1.4　技術リテラシーの利点

技術リテラシーは、我々すべてがすでに何らかの形で身に付けているものであり、我々が生きていく以上、引き続き充実させていくべき素養である。一人ひとりの人間にとって、技術リテラシーは大きく三つの利点をもたらす。夢を実現できる、賢く生き抜ける、社会の発展に貢献できる、である。これら三点はそれぞれが独立したものではなく、現実においては重なり合っているが、以下では一つひとつ見ていくことにする。

1.4.1　夢を実現できる

エジソンはなぜ電球を発明したのだろうか。夜も明るい生活ができれば便利だと考えたのだろうが、おそらくそれだけではあるまい。電球という新しいものを生み出すことに喜びと興奮を感じていたはずである。初めて光り輝く電球を見た先人のことを想像してみよう。大きな驚きと感動があったに違いない。

豊饒な技術の世界に慣れている我々は忘れがちであるが、少し考えてみれば、これまでの人生の中で、何らかの技術に接し、感動したり、わくわくした経験があるだろう。人によってその経験は異なるが、生まれて初めて飛行機や電車に乗った時、初めて海外の知り合いと電子メールを交換した時、ワード・プロセッサーを使って綺麗な年賀状を自宅で印刷できた時、あなたはどのように思われたであろうか。

人間は「こんなことをしたい」「新しいものを創ってみたい」という夢を抱く。技術者・開発者、起業家、芸術家、いずれも創造意欲を持っている。技術を生業とする技術者・開発者は、技術の利用者を常に意識し、利用者がさらに便利になる技術を生みだそうとする。同時に、技術者・開発者は自身の夢や好奇心に牽引されながら、ものを作る楽しさと、いい技術を創造する達成感を味わっている。利用者が技術に感動するのは、便利であることに加え、技術者の夢を共有できるからである。

人のように動き話す、人型ロボットをご覧になったことがあるだろう。未完成の部分が多く、まだまだ実用には適さないのであるが、それでも歩き、階段を上り下りし、身振り手振りをする人型ロボットの姿は、技術者にとっても、一般の人にとっても、

何かわくわくさせるものがある。人型ロボットは誰もが夢みるものだからである。

技術リテラシーを充実させることによって、こうした楽しい、やり甲斐のある仕事に取り組むことができ、優れた技術を開発し、達成感のある生き方ができる。人型ロボットは、センサーなどエレクトロニクス、歩行のための機械部分、全体を制御するコンピューターとソフトウエア、といったように、複数の技術の粋を集めたものである。複数の専門分野の技術者が一定の技術リテラシーを備えていれば、専門を超えた会話が可能になり、人型ロボットという共通の夢に挑戦できるようになる。

我々人間は長い歴史の中で、膨大な技術を生み出してきたが、人型ロボットをはじめ、技術の世界にはフロンティアがまだ広がっている。人間が夢を見続ける限り、技術の世界も広がり続ける。ハイテクに限らず、昔からあるものづくり技術においても、刺しても痛くないほど微細な注射針が作られるなど革新的な試みが行われている。

自然な技術リテラシーが身に付いていることは、技術に関する好奇心を引き伸ばす。好奇心があってこそ、新しい技術への関心が広がり、同時に新しい技術がもたらすかもしれない負の側面にあらかじめ気を配ることができる。

一方、起業家、芸術家、生活者にとっても、技術リテラシーがあれば、優れた技術を使いこなし、自分の夢に向い、やりたいことの実現に取り組み、達成感のある生き方ができる。各種のスポーツ用具の技術改良によって、スポーツ選手は自身の能力を最大限に引き出し、記録という夢に挑戦できる。パソコンを操作するための音声読み上げ技術が生まれたことで、視力の弱い人も晴眼者と同様に、パソコンを使い、やりたいことに取り組める。

パソコンに代表される、ICTはますます重要になっており、インターネットを使うことによって、人々は自分自身の情報を世界へ発信できるようになった。いずれの場合も、人々は技術リテラシーによって、その技術を使い、さらにその技術の仕組みを知ることによって、やりたいことを実行に移していける。

さらに、技術リテラシーを持つことで、技術者と利用者の双方がコミュニケーションをとりやすくなる。インターネットを仲立ちとして、「こういう製品を作って欲しい」と希望する利用者が集まり、メーカーに希望を出し、それに応えてメーカーが実際に製品を作る、といったことまで行われるようになった。技術者と利用者が連携して、いいものを生み出し、技術を発展させていくことは、双方に深い満足をもたらす。

1.4.2 賢く生き抜ける

夢を実現するために技術者が技術リテラシーを持つのは分かるが、技術の利用者は難しいことを知らなくてよいのではないか、むしろリテラシーが乏しい人であっても技術を簡単に使えるようにすべきではないか、と疑問を持たれる方がおられるだろう。確かに、「誰でも簡単に利用できるようにする」というのは技術が目指す方向の一つである。しかし、どれほど技術が進んでも、利用者の技術リテラシーを不要にする所まで行き着くことはない。

そもそも、技術は利用者のためにある。ところが前述の電気炊飯器と火による飯炊きの関係のように、利用者が新たな技術の導入によってかえって利用方法の選択の制約を受ける、といった現象がともすると起こる。技術リテラシーがあれば、利用者は日常の様々な問題をより効率的に、しかも主体的に解決できるようになる。技術について自分で判断でき、技術に振り回されなくなるからである。

技術リテラシーがある人は、日常生活である問題にぶつかったとき、どのような道具や技術を使うとよいのか、どんな技能が必要なのかを、自分で考え、自分で選択でき、本当に必要なものだけ入手するようになる。我々は多種多様な電化製品に囲まれ、便利な生活を送っている。技術リテラシーがあれば、自分に最も適した電化製品を選び、美味しい料理を作れる。健康によい素材を選んだり、エネルギー効率のよい電化製品を使いこなすこともできる。

技術に関するいくつかの原理原則を知っていれば、異なるメーカーの電化製品を複数使っても、効率よく安全に使え、何らかの危険があった場合、それを回避し、不慮の事態にも対処できるはずである。技術リテラシーがあれば、製品の使用説明書（取扱説明書）に書かれている注意事項に関心を持ち、その意味をよく理解できるようになる。電化製品は使い方によっては火災や室内空気汚染の原因になり、人に害を与える。厚生労働省の人口動態統計によると、2005 年において家庭内事故死は交通事故死よりも多い。にも関わらず、使用説明書の注意事項が丁寧に読まれているとは言い難い。

身の回りで使っている機器が壊れた場合、自分で直すことができれば、それが一番早く、かつ安上がりである。便器に水を流す機構一つとっても、技術革新が進んでおり、中の構造は一昔前とは様変わりになっている。中の構造まで知っていれば、故障した時、自分で直せる範囲か、専門家を呼ばないといけないのかを判断できる。

技術リテラシーが足りない場合、他の人から押しつけられた解決策や道具を使わざるを得なくなる。場合によっては、必要以上の機能を持った高額の道具を購入してし

まうかもしれない。もっともまずいのは、電化製品を水回りの側に置くなど、間違った取り扱いをして壊してしまったり、自分の生命を危険にさらしてしまうことである。

医薬品の発達によって、人類の寿命が延びた反面、多数の薬が出回り、薬害という問題が起きている。医療や薬という技術に関して、一定のリテラシーがあれば、薬を誤飲する可能性は下がる。テレビ番組に時折、登場する「××を食べるとこんな効果がある」といった俗説に惑わされないようになる。

技術リテラシーは子供から高齢者まで、万人が身に付けておくとよい。とりわけ子供にとっては、身の安全を守ることに大いに役立つ。炎を触って熱さを覚えた子供は、注意深く火を扱うようになる。子供の成長過程に合わせて、技術に触れさせることにより、自然な技術リテラシーが身に付く。

技術リテラシーがあれば、見聞きする事象の中にある因果関係を把握し、ブラックボックスになっている技術の中を想像できる。したがって、将来起こることを想像し、予測する力を育てる。この力も技術の世界を生き抜くために有用である。工場での事故を本質的に防止するには、工場の現場にこうした想像力を取り戻さなければならない。

【コラム】知っていますか？家電製品の禁止マークのあれこれ

電気製品に限らず何か器具を買うと取扱説明書が付いてきます。説明書の多くは右のような「注意表示」ページから始まっています。これらは非常に重要な情報なのですが、説明書によっては、こうした表記が何ページも続くので、肝心の動作説明にたどり着く前に読むのがいやになってしまい、注意表示も動作説明もどちらも読まれない、という問題があります。

家電製品の注意表示は大きく分けて警告表示と絵表示の二種類があります。警告表示には、無視した場合の傷害や災害の程度に応じて、危険、警告、注意の三通りの表示があります。表示を無視して誤った使い方をするとケガをしたり火災などが発生したりすることがある、と警告しています。

絵表示には製品の取り扱いにおいて

・その行為を禁止する記号；

・発火、破裂、高温に対する注意を喚起するための記号；

・指示に基づく行為を強制する図記号；

などがあります。いずれも、してはいけないことやすべきことがシンボルとして表現されていて、日本語を読めない外国人にも意図が伝わります。道路の交通標識とも通じるところがあるでしょう。

ページを埋め尽くす警告を読むのは面倒と思いますが、ここに示した絵表示の説明を読んでみると、“な～んだ”と思うものばかりではないでしょうか。そう思うことが技術リテラシーです。

濡れた手に×印 。水滴が飛び散った器械に×印 。感電したことのない人に説明するのは難しいのですが、100V（ボルト）の電源につながっている器械に濡れた手で触ることは大変危険です。そのことは成長する過程でいやと言うほど聞かされたのではないでしょうか。

水滴がついた器械に×を付けた絵表示は、器械の方を濡らしても危険だと告げています。二つの絵表示に共通する原理は「水が電気を通す」と言うことです。本来なら電気を通しにくいものでも濡れると電気が流れてしまいます。電気が“流れる”対象が人なら感電です。電気抵抗のある物体に電気が流れてしまうと熱を発し火事の原因になります。

取扱説明書の冒頭に禁止や注意事項のページが付くようになったのは、平成６年７月１日からです。この日、法律第８５号によって「製造物責任法」が施行されました。ここには「製造業者等は、その製造、加工、輸入した製造物であって、その引き渡したものの欠陥により他人の生命、身体又は財産を侵害したときは、これによって生じた損害を賠償する責めに任ずる」とあります。

本法に言う欠陥とは「当該製造物の特性、その通常予見される使用形態、その製造業者等が当該製造物を引き渡した時期その他の当該製造物に係る事情を考慮して、当該製造物が通常有すべき安全性を欠いていること」（2 条 2 項）であり、一般的に以下のように分類されます。

・設計上の欠陥　(設計自体に問題があるために安全性を欠いた場合)
・製造上の欠陥　(製造物が設計や仕様通りに製造されなかったために安全性を欠いた場合)
・指示・警告上の欠陥（製造物から除くことが不可能な危険がある場合に、その危険に関する適切な情報を与えなかった場合。取扱説明書の記述に不備がある場合などが該当する）

ただし、製造物責任法は一方的に消費者の側に立っているわけではありません。製造物の欠陥に起因する損害賠償請求に関して、被害者に過失があれば過失相殺されることがある（民法 722 条 2 項）としています。従って利用者は取扱説明書に従わなければなりません。といって器具の一つひとつについて説明書を読み、内容を記憶して使うことは大変です。

ここで、使う技術の根底にある共通の原理原則を理解する重要性が分かります。原理原則をおさえておけば、殆どの器械に関する注意事項は“そんなことはわかっている”で済むからです。技術リテラシーにおいて、単に行為の習得だけではなく、その背後にある仕組みに想いを馳せて欲しいとしているのはそのためです。日常生活で出会う技術の多くは、器械など人工物を介して使われます。その本来目的と異なる作用結果（感電や発火など）を及ぼす可能性を意識し、回避の心構えをすること、これが技術リテラシーの基本なのです。

【コラム】“畳の上”と云えども安全ではない

厚生労働省の人口動態統計によれば、2005 年における死亡者総数は 108 万 3796 人でした。そのうち、家庭内事故死は 1 万 2781 人で、驚くことに交通事故死の 1 万 28 人よりも多かったのです。家庭内事故死の原因を見ると、60%弱が不慮の窒息・溺水、20%弱が転倒・転落（主に幼児や高齢者）、約 10%が煙・火及び火災、数%（600 人弱）がその他有害物質による不慮の中毒や熱及び高温物質との接触、となっています。2007 年にも、暖房器具の不備による事故が社会問題になりました。

2002 年 9 月とやや以前になりますが、独立行政法人国民生活センターが 7 タイプの暖房器具の安全性、快適性、経済性をテストし、タイプによってかなりの差があったと報告しています。安全性について見ると、温風温度が 100℃を超えるなど、かなり高い器具がありました。火傷、脱水症状や低温やけどのおそれがあるので高齢者や乳幼児がいる場所で利用する際には注意が必要です。室内空気汚染や室内温度の均一性など、快適性の指標にもタイプによる差異がありました。経済性についても同様で、購入・設置費用は、ファンヒーターの 6 万～7 万円から電気床暖房の 65 万円まで幅があり、1 カ月のランニングコスト（利用にかかる費用）にも差が出ました。器具の耐用年数の目安は、エアコンやファンヒーターが 10 年、床暖房は 30 年となります。こうした結果から同センターは、購入の際には安全性、快適性、経済性を総合して考え、各器具の特徴をよく知った上で、賢く選び、注意を守り、快適に使用して欲しいと呼びかけています。

賢く選ぶためには、製品や設備の仕様とその意味を理解する必要があります。注意を守るためには、使用説明書を読むことですが、全てを記憶することは不可能です。それでも不慮の事態に対応できるように、指定された使用法を理解しておくべきでしょう。

国民生活センターは消費者へ呼びかけるとともに、器具メーカーへの改善要望として、給油タンクを外すと自動的に消火する給油自動消火装置を石油ファンヒーターにも付ける、操作が簡単で油漏れの危険の少ないキャップを付ける、やけど事故防止のため温風の吹出口の金属部分を植毛加工する、などを挙げています。

器具メーカーへの要望をもう一歩進めると、『ユニバーサルデザイン』という考え方にたどり着きます。これは、身体に余計な負担を掛けず、幼児から高齢者まで誰でも使いやすい工業製品を作ろうというものです。ユニバーサルデザインには 7 つの原則があります。

1．誰にでも公平に利用できること
2．使う上で柔軟性が高いこと
3．使い方が簡単ですぐ分かること
4．必要な情報がすぐ理解できること
5．単純なミスが危険につながらないこと
6．身体的負担が少ないこと
7．様々な身体に対応できる寸法や空間を確保すること

具体例として、パソコンではキーボードの配列や周辺機器との接続方法に関して共通化がかなり進んできました。住宅であれば、ドアノブやレバーハンドルなど、手に触るもの、多少力が必要なものは、ユニバーサルデザインになっていると使いやすいでしょう。逆に共通化がされていないと生活の中で不自由を感じることになります。他人のパソコンを使う際、操作性の違いから簡単な作業も出来ないといったことは誰でも経験することです。なお、水道栓の開閉レバーは上下の機能が逆のものが共存し、しばしば混乱を招いていましたが、平成 12 年度以降JIS規格では水を出す時は上げるという操作に統一されました。

表示や順序を誰にでも分かるような一定のルールの下でデザインすることで不自由さが解消されることは、家電製品の注意表示の例でも理解できるでしょう（コラム「知っていますか？家電製品の禁止マークのあれこれ」参照）。

ユニバーサルデザインとは、技術リテラシーがなくても使える製品や技術を開発することでもあります。しかし、全ての利用者の要望から共通項を見出し、これらを全て満たすことなどあり得ませんから、やはり一定の技術リテラシーが利用者に必要となるでしょう。

1.4.3 社会の発展に貢献できる

人々は技術リテラシーを持つことにより、協力し合って、社会の発展に貢献できる。一例として、技術は人類の知識を豊富にする。コンピューターの発明により、科学の世界で考えられた様々な仮説を高速計算によってコンピューター上で検証することが可能になってきた。例えば、月が誕生した経緯に関する仮説を、コンピューター上で検証する試み（シミュレーションと呼ぶ）が行われており、また、地球温暖化についてもシミュレーションが行われ、世の中に警鐘を鳴らしている。

技術によって、人は社会の問題解決に貢献できる。その際、技術リテラシーがあれば、社会の構成員たる我々が主体的な判断を下せるようになる。現代社会は、様々な技術を利用して成立しており、どの技術を採用するか、例えば、鉄道中心の交通体系とするか、自動車中心とするか、といった様々な選択肢があり、選択によって社会自体が大きく変わりうる。

都市を例にとれば、都市計画、交通計画を見直す際に、一握りの人達で決めてしまうのではなく、専門家、一般住民、識者など様々な人達が意見を交換し、よりよい全体計画を描くことが望ましい。デザイン、トレードオフといったことへの理解、すなわち技術リテラシーがあれば、多くの人達が建設的議論をすることが可能になる。

技術リテラシーがあれば、個人の夢、個人の賢い生き方、社会の持続的発展という、場合によっては矛盾する案件をなんとかバランスをとって対処していけるようになる。自動車の進化を考えてみよう。格好いいスポーツカー、スピードが出て運転も楽しくなる車、大勢で楽しく乗れる車、燃費のよい経済的な車、セカンドカーとして便利な車、というように車の進化は人々の生活を豊かにしてくれる。

しかし便利だからといって、人々がより大型の車やセカンドカーを保有するようになると、社会全体としては、より多くの二酸化炭素が排出され、地球温暖化を進めてしまうおそれがある。一台一台の車の燃費がよくなって排出する二酸化炭素の量が減ったとしても全体は良くならない。

ある人の夢はスポーツカーを保有することかもしれない。しかし、社会の持続的発展のためには、環境負荷の少ない車を保有すべきかもしれない。この矛盾に対処するためにも、技術リテラシーは役立つはずである。

技術リテラシーを持つ利用者や消費者は、技術者や専門家へ、技術に対する意見や評価を伝えることができる。これを「フィードバック」と呼ぶ。技術が発達してきた歴史を振り返ると、利用者から専門家へのフィードバックが常にあった。改善につながる適切なフィードバックがあってこそ、社会全体で豊かな生活を享受できる。消費

者からメーカーに対するクレームも、新商品の開発や製品の改良につながっているのである。

技術に関する様々な情報は、伝承（言い伝え）として社会に保存されている場合がある。ある技術が社会に危機をもたらす可能性が出てきた時、技術リテラシーがあれば、伝承をひもとくことができ、かつてあった同様の危機にどう対処したのか、先達の知見を利用できる。

技術リテラシーは、技術の専門家や社会のリーダーにとっても重要である。技術の専門家においては、様々な技術が相互に依存する関係にある中で、専門的な知識だけではなく、一通りの技術に関する基礎的知識を身に付けておく必要がある。実際、複数の専門技術を融合し、新たな価値を生み出す動きが顕著になってきている。専門家全員が公約数としての技術リテラシーを持つことで、共同作業がやりやすくなる。

一例として、体内の様子を撮影するMRI（磁気共鳴画像装置）は、電気、機械、光学、人間工学、医学といった分野の技術者と専門家が、新たな技術を目指した結果、創造された複合システムである。複合システムを作るために、個々の専門家は自身の専門領域で探求を進めるとともに、専門家同士がコミュニケーションを深めていく。

専門家が、社会の変化や自らの必要に応じて新しい技術を身に付けていかなくてはならない場合にも、技術リテラシーは役立つ。技術に関する専門知識を必要に応じて他者へ伝達する場合においても、共通言語としての技術リテラシーがあればやりやすくなる。

社会のリーダー層における技術リテラシーの重要性も忘れてはならない。実際、リーダー層が様々な判断を下す際、技術への目配りを怠ることは危険である。社会に技術が深く入り込んでいる現代において、技術とまったく無縁の判断というものは、ほまずあり得ない。リーダー層に技術リテラシーがあれば、技術が社会に及ぼす影響、種々のトレードオフを勘案し、物事を判断していける。

1.5　技術リテラシーの構造

具体的な「技術リテラシー」とはどのようなものか。最近の定義では、リテラシーと言った場合、単に言葉を知っているだけではなく、それを適切に使える能力を意味する。そうだとすれば、「技術リテラシーがある」と言った場合、個別技術について知っているだ

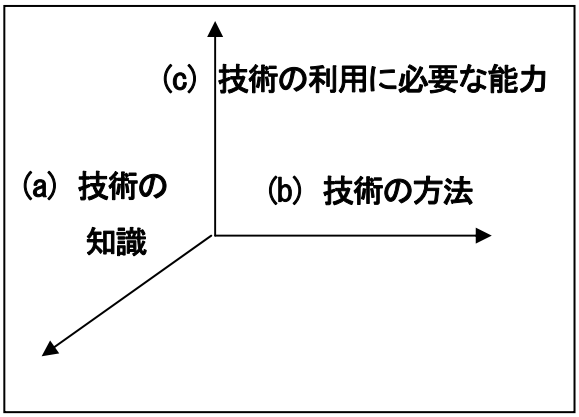


図1　技術リテラシーの構造

けでは不十分である。すなわち、技術の知識、技術の方法、技術の利用に必要な能力、といった三つの要素をバランス良く備えている必要がある。

技術リテラシーの対象となる「技術」はどこまでを含むのだろうか。技術に近い言葉として、技能、技巧、工学がある。多くの生活技術や職業上の比較的簡単な技術は、技能と呼ばれる。それらの技能を洗練させていく過程で生れるものが技巧であり、中でも科学的な裏付けを強く持ったものが工学と呼ばれる。本報告書は、これらすべてを技術の一形態とし、いずれも技術リテラシーの対象としている。

工学や技能は、技術リテラシーを構成する三要素の特殊例と定義することもできる。「技術の知識」の在り方が科学に根ざしたものが工学であり、「技術の利用に必要な能力」をあまり多く求めないものが技能となる。

また、本報告書でいう技術は、目に見える技術と見えない技術の両方を含んでいることに注意して頂きたい。目に見える技術とは、一人ひとりの人間が持てる物作りの能力を指す。これに対し、見えない技術とは、製造システム、流通システム、金融システムなど、複数の技術が複合して社会の仕組みになっているものを意味する。

1.5.1 技術の知識

これだけは知っておいて欲しいという、公約数となりえる知識を、膨大な技術の世界からどう抽出するか。これは極めて難しい。ここでは、重要な個別技術の用語と、様々な技術が共通して持っている性格、に大別して考える。

自動車と原子力発電を例にとって説明してみよう。我々はこれら二つの技術から恩恵を受けている。二つの技術をさらに推進するにせよ、規制するにせよ、二つの技術の具体的な仕組み、利用の仕方、操作（運転）の仕方について一定の理解をしておくことが望ましい。自動車であれば、かなりの人が知っていると思われるが、これだけ自動車が普及してくると、エンジンの仕組みについてほとんど知らずに運転している人も多いだろう。一方、原子力発電は発電方法の一つであることは知っていても、その仕組みを理解している人は少ないのではなかろうか。

自動車と原子力発電には共通の性格がある。複雑な部品や機構で構成されるシステムである、人々に役立つ面とマイナスを与える面の両面を持つ、社会と相互に関連し合う、馬車と火力発電という先行技術の歴史を踏まえている、などである。特に、相矛盾する面のバランスをとる「トレードオフ」は、技術の本質に関わる重要な共通点である。

以上の共通性格は、技術や技術製品のほとんどに見られる。個々の技術の全てにつ

いて、用語の意味を知ることは不可能であるが、共通の性格を理解することは可能である。

1.5.2　技術の方法

技術の開発や技術の利用について、考え方や合理的な進め方を知っておくと便利である。技術に関する十分な知識を持っていたとしても、それを活用する方法を知らなければ、技術の効率的な利用や真の理解は難しい。技術に関する方法論には、設計方法論、システム論などがある。

また、技術は状況や文脈に応じて選択する必要がある。多くの場合、社会の制度や文化といった技術以外の文脈に基づいて、技術を選ぶことになる。こうした文脈に基づく技術選択は必ずしも最適解にはならないので注意が必要である。

1.5.3　技術の利用に必要な能力

技術は実際に利用してこそ意味がある。技術知識や技術方法論に裏付けされた「技術を使う能力」が重要な所以である。この能力には、技術を開発する力を含む。さらに、技術の評価やどの技術を利用するかを判断する能力も入る。したがって、技術を直接利用する能力だけではない。

評価や判断能力は、利用する人間の美意識や社会正義などに基づく場合もある。すなわち、技術は「真・善・美」に関係し、それらに基づく評価と判断能力の養成が求められる。日本特有のものと言われる「道」は、技術の習得や伝承に関係する一種の能力と見なせよう。

【コラム】技術の継承と累積的な発展：我が国の高炉技術発展の事例

12 月1日は製鉄記念日である。この前後の休日に、官営八幡製鐵所発祥の地、北九州市八幡地区で「東田たたらプロジェクト」が行われる。このプロジェクトは、平成 14 年に新日本製鐵八幡製鐵所における人材育成を目的として始まった。

現在は、製鐵所が主催する「育成たたら」と、北九州市及び北九州産業技術保存継承センターが主催する「市民たたら」の二つのプロジェクトに発展している。

「育成たたら」は、人材育成と謳われているように、当初は新入社員同士の連携強化、関連協力会社や大学生など製鐵所以外の集団とのチームワーク作り、を目的とする。グループごとに目標を設定し、その実現を図るための議論を重ね、チームをまとめる力を醸成していく。育成と命名されているものの、製鐵の原理である「炉内反応のメカニズム」にまで取り組む本格的な内容となっている。

一方、「市民たたら」は、親子で鉄づくりが体験できる事業として市民へ一般公開されている。製鐵所が支援し、たたら操業の実作業を体験させるものだ。参加した親子は、自ら窯をつくり、炭火を炊き、溶鉄を取り出す。この経験から、子供たちは「鉄づくりの魅力」を感じ取っているに違いない。

どちらのプロジェクトにおいても、関係者が、たたらの操業結果を分析・評価し、そこから得られた課題をもとに、次年度の目標を設定する。操業結果の分析は、近代高炉の実操業に対するそれとほぼ同レベルで行われている。

最も古い溶鉱炉？
中国の前漢時代（紀元前 1 世紀頃）

ヒッタイト
青銅器時代、最初に鉄を使い始めた

1709 年
英国でコークス高炉

技術導入

古代から伝わり育った各種の技術的バックグランド

たたら製鉄（古代製鉄法）

2006 東田たたらﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ (速報)より

基礎に戻って
原理の解明

わが国最初の洋式高炉跡（1857 年）

▲橋野高炉跡（国指定史跡）

新日鉄・釜石製鉄所総務部提供

技術の伝承と改良

世界最大の大分第２高炉

新日鉄・本社広報センター提供

第 2 章 技術の本質

2.1　技術の共通性格～技術とは何か

技術とは「人間生活に役立てる技（わざ)」である。つまり、人々の日々の問題、さらには社会の問題の解決に貢献するという、明確な目的を持っている。この定義は、抽象的な概念に煎じ詰めたものだが、現実の利用場面において個々の技術は具体的な姿形を持つ。本報告書では以下のものをすべて技術として扱う。

[1] 自然の事物を改変･加工するハードな側面と、組織をマネジメントしたり意図を正確・適切に伝達するといったソフトな側面の両方を含む。また、科学を応用したもの、科学の応用ではないもの、それぞれある。技術の多くは、自然界にある資源を科学に基づいて加工するものだが、語学、会話、表現など、ものを加工しない技術もある。

[2] 利用者が製品などを「使う」技術と、技術者が製品などを「作る」技術の両方を含む。「自動車運転技術」や「自動車製造技術」、「電気洗濯機の操作方法」、「携帯電話の利用術」あるいは「原子力発電技術」といった具合である。このように技術の内容を正確に明示しようとすれば、「…技術」、「…法」、「…術」などと表現する必要がある。ただし一般には「自動車」「電気洗濯機」「携帯電話」「原子力発電」を技術と呼ぶことが多い。

技術は、**問題解決**の様々な手段を人間に提供する。例えば、遠距離への高速移動、という問題を解決するために、自転車（による移動法）、自動車（運転法）、鉄道（の利用）、船舶（の利用）、航空機（の利用）といった様々な技術が生み出されてきた。こうした技術はそれぞれ、タイヤや車輪、翼、エンジンといった個別の要素技術を持っている。以下では、これらに共通する技術の本質を、技術の共通性格として紹介する。利用者の視点から見ると、技術の本質を理解することが重要だからである。技術を開発する技術者にとっては、個々のエンジンの要素技術も重要だが、利用者視点から技術リテラシーをまとめようとする本報告書はそうした個別技術の詳細には踏み込まない。

2.1.1　技術には利用者がいる

人は、問題を解決するために、技術を使って、何かを作ったり、運んだりする。使う時には常に、使用者や利用者がいる。また、技術は人間が創り出す。したがって、技術について考えるときは、技術の利用者、技術を創り出す技術者、技術と利用者や技術者の関係、といった視点が必要である。

2.1.2 技術は人工物を生み、人の能力を拡大し、社会と共に進化する

技術は**人工物**を生み出す。人工物とは、いわゆる物だけではなく、ソフトウエア、仕組み、システムを含み、自然物とは異なる。技術は自然界の様々な**資源**や**エネルギー**を利用するが、技術自身は人類が作りだしたものであり、人間がいなければ技術も存在しない。

技術は人の能力を拡大するものである。**道具**の一つである梃子（てこ）は、人の小さな力を大きくする。帆船は風力という自然の力を利用し、馬車は馬という動物の力を人の利用に役立て、人の手漕ぎや車を引く力を拡大してきた。自動車、航空機も**動力**を用いて人の力を拡大する。最近は人の知識活動を拡張あるいは支援する技術が作られ、利用されている。ICT（情報コミュニケーション技術）がその代表的なものである。

技術は、技術以外の世界と、相互に関連し合い、技術の進歩が他の世界の進歩を促し、さらにそれが技術の進歩を促すというダイナミックな関係を築いていく。これを**共進化**と呼ぶ。例えば、社会の要請によって新しい技術が開発され、その新技術が社会の変化を促す。産業革命期の蒸気機関や織機・紡績機、製鉄技術はその典型であった。

2.1.3 技術はトレードオフとの戦いである

技術の利用や開発において、**トレードオフ**の判断を頻繁に迫られる。トレードオフとは、両立できない、同時には達成できない要因を折衷させることである。このような時でも、何らかの解決策を見出す必要がある。典型例を挙げると、**性能**と**コスト**、**安全性**とコストはいずれも両立しないことが多い。完全な安全性を求めようとすると、莫大なコストがかかり、経済的に実現困難となる。といってコストばかりを重視し、安全性をないがしろにすることは許されない。したがって、どこかでバランスをとらなければならない。材料を選択する場合も、入手容易性、価格、望ましさ、廃棄物の量といった競合する価値の中から、最も望ましいと思われる組み合わせを**選別**することになる。

2.1.4　技術は複雑なシステムになっている　　システム

技術は、一部の単純なものを除いて、様々な要素から構成され、一つのシステムとなっている。一つのシステムは普通複数のサブシステムから構成され、そのシステムがいくつか集まって、さらに大きなシステムを構成する。システムの構成要素は、入力を受ける部分、内部サブシステム、結果を外部に出力する部分に分けられる。

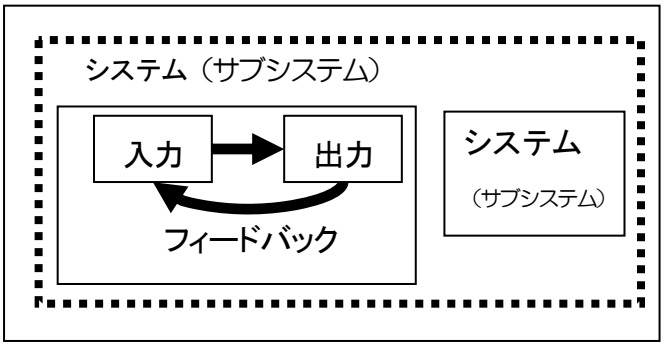


図2　システムの概念図

システムは入力から出力まで段階を経て進行する（プロセスと呼ぶ）。また、システムは出力情報を入力に戻すフィードバックループで結ばれることが多い。出力情報を入力に戻すことをフィードバックと呼ぶ。フィードバックループで結合された部分は閉システム（クローズドシステム）と言われる。フィードバックは、システムを安定化し、自動化（省力化）することに役立つ。一方、フィードバックを持たない部分は開システム（オープンシステム）と言われ、安定化には人間の介在（制御）が必要となる。

複数の技術によって構成される「技術システム」は、相互に連結され、所定の目的を効率的に果たすよう使用される。新幹線を例にとると、そのシステムは、車両、レール、架線、駅、運行システム、予約システム、修繕、保守・点検・保全などで構成される。大規模なシステムにおいては、車両といったハード面より、運行システムなどソフト面が重要になる。また、よいシステムの条件として、信頼性、冗長性、頑健性（ロバスト）が求められる。

図3　技術システムの例（新幹線）

2.1.5　技術の理解にはシステム論が有効である

技術はシステムの性質を持つから、その理解にあたってシステム論ないしシステム思考が有効である。**システム思考**は、対象となる事象やシステムから主要な要素を抽出し、要素間の関連性を考え、外部から入力があった場合に内部状態がどう変容し、その結果どのような出力を外部に出すかを体系的に考える創造過程である。したがって、システム思考は、複雑な実生活上の問題に対して、適切に妥協しながら論理と創造性を適用し、解決策を発見するアプローチである。システム思考法自身が**ソフト技術**であると言える。

2.1.6　技術システムにはコントロール（制御）やマネジメント（管理）が必要である

複雑な技術システムは効率的かつ適切に**コントロール（制御）**あるいは**マネジメント（管理）**しなければならない。新幹線が安全かつ正確に運行されているのは技術システムが適切に制御・管理されているからである。

コントロールとは、そのシステムの情報を使い、人が行う手順や固有の手段に従って、入力やプロセスを操作し、安定化や目標を実現することである。コントロールは人間が介在する場合と、**自動化**されている場合とがある。自動化とは、制御の仕組みをあらかじめ技術システムに組み込むことを指す。技術の発展の結果として自動化が進み、技術の制御を意識することなく技術を利用できるようになった。この状況を技術の**ブラックボックス化**といい、技術を知る機会が減る原因にもなっている。

マネジメントとは、作業を計画し、人を組織としてまとめ、監督するプロセスである。**保守**は、適切な機能の発揮とその維持、寿命の延長、性能の向上といった目的のために、**製品**またはシステムを定期的に検査し、サービスするプロセスである。**改良・改善**は、対象となるシステムを延命させるプロセスである。**品質管理**は、製品、サービスあるいはシステムが決められた基準を確実に満たすためのプロセスである。

技術の利用と、制御・管理は不可分である。技術の制御・管理に失敗した例というと、原子力発電所の運転やロケット打ち上げなど巨大システムの事故を想定しがちであるが、そればかりではない。身近に起こりうる交通事故も、技術システムの制御や管理の問題である。運転の仕組みや交通ルールなど、自動車の利用の方法を含めて制御してこそ、自動車という技術システムを管理したことになる。

ひとつの技術には必ず両面がある。自動車によって移動が便利になる側面と交通事

故で損害を与える両面がある。便利な面ばかりを見て闇雲に技術の利用を推進するわけにはいかないであろうし、損害の面だけを見て利用を止めることもないだろう。適切なルールの下、損害を受けずに便益を享受できるように、技術システムを制御・管理することが重要である。

2.1.7　技術は安全が第一であり、デザイン（設計）により制御される

現在の複雑な技術は、すぐれた**デザイン（設計）**によって成り立っている。人工物の製造から利用、管理、廃棄という**ライフサイクル**全体を最適なものにする設計が求められている。また、技術の利用、管理にあたっても、設計が重要となる。

調和の取れた街づくりや、需要の変化に柔軟に応じられる交通システムなど、時代とともに**チューニング（調整）**できる。このように考えられているのが優れた設計と言える。一方、工芸品に見られるように、職人の試行錯誤の結果、優れたデザインが生まれることもある。

古くはナイロンの発見、あるいは2000年にノーベル賞を受賞した白川博士の「導電性ポリマーの発見と開発」のように、失敗と思ったところから新しい**発見**・**発明**が生まれることもある（これをセレンディピティーという）。街並みの風景のように隣近所との調和が結果として優雅な全体像を生むこともある。

設計の重要な役割は**安全**の**確保**である。法律や業界によって様々な**安全基準**が定められ、それらに従って、技術は設計、製造、利用される。技術における一般的な安全の考え方は、想定される使用条件に耐える強度に、さらに**不確実性**を考慮し、想定外のことが起こりうることも見越し，**安全率**を掛けるというものである。それでも、地震における想定外の震度、温度などの環境条件の急変、**耐用年数**の超過、想定されていない使用法（悪用や乱用を含む）、設計を無視した施工など、安全率を超える事態が発生してしまうと、安全を必ずしも担保できない。技術に「絶対」や「**リスクゼロ**」はありえない理由の一つである。

安全性をより高めるために、**フェイルセーフ**や**フールプルーフ**（フールセーフ）といった設計手法が取られる。前者は、制御の二重系統化、ブレーカーによる過電流からの保護など、故障や事故が起きても安全性を保つ工夫である。この前提には、機械に絶対の安全はなく、確率的に事故は起こるという考え方がある。

一方、フールプルーフは、心理学、行動科学、**人間工学**などの知見を活用して、使用者の誤用を防いだり、仮に誤用があっても安全性を確保する設計上の工夫を指す。薬の誤投与を防ぐために色や形状を変えることや、ギアがパーキングに入っていない

とエンジンを始動できない自動車などが、フールプルーフの例に当たる。

近年は、計算科学が発達し、安全性を高めるために、シミュレーションが活用されている。コンピューターの中で、自動車の衝突実験や気候の変化を再現する技術である。ただし、技術者が長年の経験から持っている知識（暗黙知）は、シミュレーションをしても得られないものであり、その点の留意が必要である。

以上の種々の取り組みによって、安全を確保し、事故を減らしたにも関わらず、別の安全問題が出ることもある。一つは、事故を経験する機会が減ったため、安全を考慮した設計の質が落ちてしまうという問題である。社会や技術はますます複雑になっており、安全のために考えないといけない条件は増え続けている。安全確保は永遠の課題となっている。

技術に関わる組織の経営においても安全の確保は重要であり、経営者を含めた管理職の責任は重大である。工場現場で無事故が続き、かつてあった事故の記憶が風化すると、安全のための訓練がおろそかになる危険がある。コスト削減の掛け声の下、安全のための設備が無駄に見えてしまい、保安員を削減し、安全設備の整備活動を省略してしまい、その結果事故を起こしてしまう。これは、技術そのものではなく、経営の問題である。

2.1.8　技術や技術システムは技術開発の成果である

技術開発はイノベーションの原動力である。新製品や新システムといったイノベーションは、何らかの価値創造か問題解決のために進められる。その際に技術は不可欠である。最近の技術開発は多くが、市場化を目指しており、技術開発にかける時間の短縮が求められている。市場化とは、技術を製品あるいはサービスの形にして売買可能にするもので、ライバルとの競争がグローバルに行われる。

技術開発は、個人または集団が必要とする何かを、創造的能力を発揮して、作り出す行為である。技術開発は、明確な目的と目標の下、計画に基づき、適切な組織を用意し、適切なマネジメントによって進められる。成功のカギは、優れたリーダーシップにある。

技術開発の目的を達成するためには、必要条件の正確な把握が不可欠であり、それによって最適な開発プロセスの立案とマネジメントが可能になる。技術開発のリーダーは、最少の努力で最大の効果をあげることを目指し、目標と制約条件およびトレードオフを考慮しながら、技術要件の最適化を図り、製品のデザインや製作の進行中に起こるプロセスあるいは方法論を調整していく。

技術開発では、それを利用する人間にかける負荷を小さくするように（便利なように）改良する傾向がある。便利になることはよいことであるが、そのためにかえって、技術の間違った利用をしてしまうことも起る。また、技術に対する世代間のギャップも生じやすくなる。大人が新しい技術の操作に馴染みにくいため、デシタル・デバイドなどの技術ギャップが生じる、あるいは逆に若い人が過去の技術の履歴を知らないために、危険な利用をしてしまうこともある。最近では、ある程度の「不便さ」を意図的に組み込むことも行われる。

2.1.9　技術は移転する

技術は移転する。移転の一つは、技術開発における担い手の移動である。国から国へ、大学から企業へ、と担い手が場所を移して開発を続けることがある。移転のもう一つは、工学から医学へ、というような異分野間の移動である。

技術の移転は容易ではない。移転を成功させるには、新たな担い手が移転させようとする技術を改良･改善すること､そしてそれができる基盤が必要になる。国から国への移動の場合、各国の社会的な背景を踏まえ、“お国柄”に合わせて技術を変化させる必要がある。それができる基盤のひとつは教育された国民である。明治維新後の富国強兵策のなかで、我が国が西洋の技術を導入し、たちまち自家薬籠中のものとすることに成功した下地は、江戸時代にあった寺子屋などによる教育であったと言われる。

技術開発や技術移転にとって重要なもうひとつの基盤は、知的財産権である。開発された技術やアイデアは知的財産権によって保護される。技術を移転する際には、知的財産権を侵害しないように、きちんとした契約を締結して実施する。知的財産権が生まれたのは、技術開発を進める意欲を喚起しつつ、多大な負担に耐えた先行開発者の権利を守りながら技術を普及させていくためである。

国家予算で開発した技術は従来、国の所属になったが、最近はバイドール法[注]等に

【注】バイドール法とは、米国で 1980 年に制定された法律で、連邦政府の資金で研究開発された発明であっても、その成果に対して大学や研究者が特許権を取得することを認めたもの。研究開発成果を広く活用できるようにすることで、産学連携の推進や、中小企業による公的研究への参加促進を目的とする。同法律が定められる以前は、政府資金で研究開発された特許権は政府に帰属しており、研究開発の成果が産業界に十分に活用されていないという批判があった。日本では、1999 年に産業活力再生特別措置法の第 30 条で定められた内容が日本版バイドール法とされている。これにより日本でも米国と同様に、政府から研究委託された研究者が特許権を取得することができるようになり、受託者が中心となって技術移転が進められるようになった。

より、開発に直接たずさわった企業に帰属するようになった。これも技術開発を促進させる施策の一つである。

2.1.10　技術や技術システムの導入にあたってはアセスメント（評価）が必要である

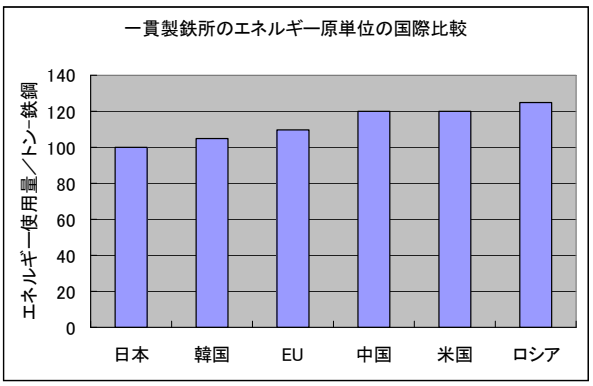
技術システムのアセスメントとは技術の事前評価を指す。新しい技術や技術システムの導入や状況変化に応じて、将来に起こるかもしれない人体、環境、社会などへの影響や性能の変化を事前に評価する。新技術の導入に当たって行われる場合、テクノロジーアセスメントという。環境への影響に注目したものは**環境アセスメント**といい、必要に応じて**環境規制**が行われる。技術のアセスメントをする理由は、新技術がフロンティアを切り拓く一方で以前は無かった問題を引き起こす危険があるからである。例えば、堤防のおかげで、低地帯に住宅を広げることができたが、洪水や集中豪雨の際にしばしば大きな被害が起きる。マンションの高層化が進めば地震のリスクが大きくなる。乗り物がより高速になると交通事故が増加するかもしれない。このように、技術による利便性の向上と、一旦事故が起きたときの被害の大きさは関係がある。特に、技術によって自然環境にはない人工物を作り出す以上、自然環境とは異なる事態を招きかねないことへの理解と想像力が必要である。なお、事前に予想できない結果や意図しない結果がもたらされる場合もありうるので、モニタリング（監視）も必要になる。

【コラム】技術の移転－八幡製鉄所に見る技術移転の歴史

黒船の来航で300年の太平を破られた日本は、生産技術が世界に大変遅れをとっていることに気付きました。まず、貿易収支の視点から繊維産業の育成が図られ、次いで産業の米と云われる鉄鋼技術の導入が計画されました。1901 年２月５日官営八幡製鉄所東田第一高炉の火入れです。しかし設計能力日産 160 トンに対し平均 76 トンしか生産できず 538 日で操業中止に追い込まれ、1904 年から始まった日露戦争に間に合いませんでした。その創業の涙ぐましい経緯を当時の現場技術者であった田中熊吉宿老は次のように語っています。宿老とは現場技術者に与えられた最高の永世称号で、田中氏は高齢で亡くなるまで高炉現場へ出て指導に当りました。

「・・・突然、農商務省の方から（作業）中止と決ったのでした。・・・、そこで西洋人は早速帰ってしまい、・・・。その後、１年ばかりしてまた作業を始めましたが、それは、日本とロシアとの間の空気が険悪化してきたからではなかったかと思います。・・・中略・・・、鉄分と鉱滓が分離できないで、１週間ほど自宅にも帰らずに、高炉の前にがんばっておりましたが、その時は服部（高炉の責任者）さんも一緒でした。」

「もう駄目だということで、農商務省に電報を打って報告された服部さんは、進退伺いを中村長官に出されたのであります。そんなことがあって、第３回目の吹き入れをすることになり、東京帝国大学の野呂先生がみえられて、薪を半焼きにしたものを炉底に入れて溶鉱炉に吹き入れを行ったのでした。ところがなかなかコークスに火が燃えつかない。そこで野呂先生がふいごを持ってこさせてブウブウ吹いたのですが、・・・。私は鍛冶屋の経験がありますので『それじゃ駄目だ、ふいごに蔽いしなければいかん』と建言しまして、・・・どうにか火がついて煙突からやっと煙が出るようになりました。こうしてどうにか出銑が出来るようになったわけです。・・・。」（八幡製鉄所５０年誌座談会）



(2003 年調べ、日本＝100 とした指数) 日本鉄鋼連盟ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞより

このトラブルが起こったのは、設計図から設備本体、さらに操業指導までをドイツに一括発注した結果、高給で迎えた“お雇い外国人”たる技術者がわが国の原料事情を考慮せず設計から建設・操業を行ったためでした。結局、この高炉は、野呂景義の指導で安定操業を実現しました。野呂には海外留学で理論と現場操業を経験し、釜石田中製鉄所の高炉を何とか稼動させる成功経験があったからです。なお、田中製鉄所は八幡の前に失敗した官営釜石製鉄所を引き継いだ製鉄所です。

このようにスタート時点で七転八倒した製鉄技術ですが、現在では図に示すように少ないエネルギーで鉄が出来る技術を保有するに至っています。これは、第二次大戦後精力的に導入した世界のトップ技術に、環境対策や省エネルギーなど独自の開発を加えた結果です。

日本の技術は現在、地球温暖化対策の一環として、世界中の製鉄所に移転されています。一貫製鉄所の建設では、1957 年ブラジルのウジミナス製鉄所、1969 年韓国の浦項製鉄所、1978 年中国の宝山製鉄所などです。宝山製鉄所は山崎豊子さんの小説“大地の子”のモデルとなり、テレビドラマにもなりましたので記憶されている方もいらっしゃるでしょう。技術を供与した韓国、中国製鉄所の場合、初等的なトラブル無しに立ち上がり、先に引用した明治ではなく戦後の高度経済成長期の八幡と比較してもその２倍から３倍強の年間増加率を示しています。その違いは、周辺技術を含め技術全体のバックグラウンドが 100 年前、50 年前と格段の差があり、そのシナジー効果が現れていることや、さらに、自由貿易を基調とする国際市場が拡大していることから、新鋭製鉄所の利点であるコスト競争力をアピールして販売先を広げることが可能であったことも効いているでしょう。

写真：中国上海宝山製鉄所

一般に技術移転は先の事例のように、かなり高度な技術や技能の背景が存在しないと難しいようです。特に導入は組織内（企業、国など）に既存する技術を潰すことになります。技術の将来性評価を含め、関係者のモラルダウンなどを考慮しつつ慎重に決める必要があります。

2.2 技術と科学

技術は「科学技術」と併称され、技術と科学の区別を明快にしないで論じられることが多い。そこで、科学との違いと関わりについて論じる。

2.2.1　恩恵の受け方

本報告書は、物事を利用者の視点から論じている。技術と科学の違いについても、利用者に与える恩恵という視点から考えてみたい。利用者に対する技術の恩恵は幅広くかつ大きい。技術がなければ一日たりとも生活することはできないが、そうとは気付かずに生活していることが多い。その一方、科学からはそれ程の恩恵を直接受けていないように見える。しかし、科学は技術の背後にあって技術を支えている。つまり、我々は技術を介し、間接的に科学からも恩恵を受けている。

2.2.2　定義と目的

技術の定義は前述したように、「人間生活に役立てる技（わざ）」である。一方、科学のもっとも簡明な定義は、「自然や人間、社会の法則性を探求する学問」である。技術は人間に役立つことを第一の目的としているのに対し、科学は自然・人間・社会という対象自身を解明することを目的にしている。そこで技術の価値は外在的、科学の価値は内在的であるとされる。

2.2.3　動機

技術あるいは技術開発にたずさわる人は、生活の改善や能力の改良など実践で役に立つことを動機とする。これに対し、科学あるいは科学の発展にたずさわる人の主たる動機は真理の探究である。

2.2.4　技術と科学の関係

このように技術と科学はまったく別のものだが、両者の関係は近年ますます密接になりつつある。科学によって検証された法則は、技術の開発に大きく貢献し、技術による問題解決のプロセスを見通しのよいものにしてきた。一方、技術も科学の発展に大きく貢献してきた。最近のバイオサイエンス、情報科学、宇宙科学等の分野で、技術の科学に対する貢献の事例は枚挙に暇がない。科学の進歩が技術の進歩を促し、さ

らにそれが科学の進歩を促すという共進化が進んでいる。さらに、両者の区別が困難なほど密接に結びついていることもある。今後もこのような関係は深まりこそすれ、薄まることはない。

2.3 技術と社会

技術は社会の発展と密接に関係している。近年における医療、エネルギー、交通、通信といった技術群の発達を考えても、生活、文化、社会制度に著しい影響を与えている。その一方で、技術は社会からの影響を受けている。軍事が技術を牽引することもあり、市場経済の場合もある。とりわけ近年では、**マーケティング**によって、新たな**市場**の**ニーズ**に基づく、**新製品・サービス**とそれを支える技術が開発され供給されている。

ただし、急激な技術の発達は、新たな社会的問題を引き起こす。例えば、地球温暖化の原因とされる二酸化炭素の排出が増えたのは、技術の発達による化石燃料消費の増加によるものとされる。また、交通手段、特に、旅客機の発達により、感染症の世界的な流行が危険視されている。交通事故なども依然として大きな問題である。技術そのものより、その運用によって社会に大きな影響を与える場合もある。日本では、地下鉄と郊外線の乗り入れが発達し、通勤圏が広いという特徴が生まれたが、同時に、朝の通勤ラッシュをもたらした。

このように技術と社会は互いに影響を与えており、現代社会のように、社会が複雑になっている場合には、その相互作用も見えにくくなっている。技術は複数システムから構成される大きなシステムとなり、社会もまた、様々な**分業**により成り立つ複雑なシステムとなったと言えよう。それぞれの技術システム、社会システムには固有のルールがあり、後者の場合、社会制度と言い換えられる。

技術システムのもっとも基本となるルールの一つは、**単位**である。他にも、**互換性**、**規格**、**標準**、特に**デファクトスタンダード**（事実上の標準）、**基準**、**特許**、といった様々なルールがある。安全性の保障も、基本ルールと言えるであろう。安全性が保障されない製品は販売されないが、一方で過剰な安全基準は製品の価格を上げ消費されない、というトレードオフの関係にある。

以上のような技術と社会の関係を、技術者の視点から見ると、技術を通じて社会の進化を実現していく、と言えるであろう。技術者のエートス（ethos）は、技術で暮らしを便利にしたい、社会を良くしたい、良い技術を社会に普及したい、というものである。技術者は新たな社会を作り上げるという立場からも、社会への責任から無関係

ではなく、技術的能力に加え、**技術の倫理性**、自然の法則への理解、科学的な思考、社会や人間への洞察、自らの理念・哲学といった能力を併せ持つ必要がある。つまり、技術者は「行動する思索家」であることが求められている。

一方、技術の利用者たる一般市民も、新技術を受け入れるか、という**パブリックアクセプタンス**（PA、社会的受容性）という点から、技術による社会の進化に大きな影響を与えている。当該技術を理解し、その受容の判断に必要となる**技術リテラシー**を身に付けておくことは、技術と社会の発展に不可欠である。

【コラム】ＴＬを持て、町へ出よう

技術リテラシーを持って、町へ出て行こう。いや、技術リテラシーを、わざわざ携える必要はない。技術リテラシーは誰でも持っている。ただ、それに気付かないことが多い。それは、高度技術社会に活きていているにも関わらず、かえって、当たり前すぎて、技術の存在を意識しないことと同じである。普段、何気なく歩いている町も、少し意識すると、いろいろな技術とその背後にある複雑なシステムが見える。何気なく通り過ぎる瞬間に、ふと、アレ、コレッテナンダロウ、と思いをめぐらすと、そこには今まで見逃していた、生活を豊かにする技術の在り方が見えてくる。

まずは、家から外へ出よう。あなたが住んでいるのが日本だったら、まず、アスファルトの道路を目にするのではないか。日本の舗装率は、79.2%である（一般国道 99.3%，一般都道府県道 94.9%、平成 18 年４月１日現在、「道路統計年報 2007」より）。雨が降っても泥濘がないのは、この舗装のおかげ。快適に歩けるのは人間だけじゃない。隣を見ると、車がビュンビュン走っているのでは？快調なのはよいが、ハンドルを切り損ねて、こっちに向かってこられてはかなわない。排気ガスだって迷惑だ。便利になる、ということは、事故だの、健康だの、リスクを背負うことと裏腹なのだ。そこで、町を歩くときは、車の少ない裏道を歩くことをお薦めする。こっちのほうが、思わぬ発見が多いものでもある。コノミチナンダロウと歩いてみる、そんな何気ない裏道が実は、昔の街道筋だった、なんてことはよくある。昔の街道は、町の入口で、鉤形に曲がっていることが多い。防衛のための工夫だろう。しかし、現代の車社会はそんなことに構いやしない、まっすぐだ。すると、昔の街道は、新しい国道の横に取り残される。そんなところに氏神様の社や鎮守の森が残っている。町の中の緑とは意外にこういうところにあるもので、町歩きの調度良い休憩スポットだ。

神社で休憩したら、町歩きを再開しよう。もう一つお薦めは、川沿いの道である。心地よい風に身を任せながら、カゼッテナンダロウと歩いてみる。陸と海の暖まりやすさ、冷めやすさの違いによって起こるのが、陸風、海風である。しかし、コンクリートジャングルの都会では、昼間溜めた熱をなかなか放出しきれない。熱帯夜である。高層ビルが風の道を塞いでいるとの説もある。寝苦しい夜は、都会の当然の結末である。こういうヒートアイランド現象を緩和しようと、雨水浸透性舗装、屋上・壁面緑化、打ち水イベントなんかが行われたりする。こうすると何が便利で、何が心地よい環境なのか、こんがらかってくる。そこを整理するのが、技術リテラシーのご利益でもある。

路面電車

川沿いが飽きたら、ちんちん電車に乗ってみてはどうだろうか。いつもと違った風景にちょっとした感動を覚える。感じとしては、ちょうど自転車くらいのスピードで、歩いている時より少し高い目線で進む。そんな路面電車も今は減ってきた。ドウシテキエタノダロウ。最近は、ＬＲＴ（Low Rail Train　低床式電車）という乗り降りがスムーズな、いわゆるバリアフリーな車両も登場して便利になっている。足腰の弱ったお年寄り、若者だって足を怪我して松葉杖だったらありがたいにちがいない。妊婦さんだって。しかし、路面電車の導入は車線を減らしてしまうし、交通渋滞の原因にもなりやすい。自動車を使う人にとって便利な社会、自動車が運転できなくっても気軽に町へ出掛けられる社会、どちらを目指すのか。路面電車を廃止した町は前者の選択をしたんだろう。どの技術システムを導入するかの選択は、自分たちの住みたい町を決めることと同じなのである。

そんなことを考えながら、電車を降りたら、たまには、映画でも見てみては、どうだろうか。あなたは、アナログフィルムとデジタルフィルムの映像を見分けられますか？コノエイガハドチラダロウ。デジタル製品は、簡単にしかも正確に複製が可能なので、その権利の保護は大変だ。一方で、コミケというキャラクターの二次消費も巨大なマーケットを生んでいる。著作者の権利を守りつつ、大勢の人が楽しめるように技術の進歩と社会のルールは共進化している。昔、ショルダー方式の携帯電話があったなんて、記憶のある人はもう少ないだろう。そのころ携帯電話はレンタル制度だったが、売り切りになったとたん、爆発的に普及した。ベータとＶＨＳの規格競争、今は、ブルーレイとなんとかと、なんとか、、、なんて話も耳にするだろう。技術と社会の関係に少し目配りをして”損”をしない、というためには、少し詳しめに技術リテラシーが身に付いているとよいだろう。なんてことは、頭の片隅程度に置いておいて、なつかしの「２００１年宇宙の旅」を堪能することにしよう。ほら、ツァラトゥストラが聞こえてきた。

2.4　技術の歴史

技術は長大な歴史を積み上げることによって、今日の社会を作り上げてきた。その発展の歴史を知ることは技術リテラシーの重要な要素である。技術の歴史を知ることは、人類に対する理解を深める上でも重要と言える。

技術の発展経緯は、子供の発育過程と対比して考えると理解しやすい。子供が欲求を満たすため失敗を繰り返しながら、社会との接点を探り、生活の知恵を獲得してゆく姿と、技術の発展は重なり合うところがある。子供は立ち上がるという行為により、より広い世界を見ることができ、目に付いた物へそれまでより素早く到達できることに気付く。その反面、痛い目に遭うことが増え、注意することを覚える。

もう少し経つと、周囲の年長者を観察し、どのようにすれば自分が抱えている問題を解決できるのかを学習する。記憶された体験がやがて体系化され、知識となって行動規範が形成され、単なる好奇心からではなく、目的を持った行動が可能になっていく。

技術は人間の欲求をかなえる手段として発展してきた。交通を例にすると、より遠くへ、早く、正確に、安全に、到達するために、様々な技術開発、改良がなされた。その過程では、不幸にして、様々な事故もあった。全ての経験は、設計方法論などの助けを借りて、体系化され、次の技術開発と技術利用に活かされている。

2.4.1　個人の生存技術とともに始まった技術の歴史

技術は、科学が誕生する前から存在していたと考えられる。石の角を削って作った石器時代の道具から、手斧、刃物、槍、弓矢へと発展し、火の使用とともに技術の本格的な歴史が始まった。個人の生存にかかる身の回りの生活の技術は最も基本的なものであり、現在でも重要である。

考古学の時代区分が、石器時代、青銅器時代、鉄器時代となっているように、技術の発達と文明の展開は並行して進んだ。農耕技術が発達し、食糧の安定供給が可能になり、食べること以外に使える時間ができたことが、文明の始まりと言えるだろう。ここから都市の形成につながり、都市に人が集まれば道路や水道などインフラストラクチャーが必要になり、さらに法律など社会制度が整っていった。回転運動の利用技術と言える車輪の発明は、人々の活動領域を大きく広げた。

2.4.2　手工業の始まり

鉄器時代と呼ばれた西暦紀元前数百年以前の時代から産業革命までの間にも、技術は進歩を続け、社会に大きな影響を与えてきた。ルネッサンス以前から使用された水車、木版印刷、羅針盤といった技術とその基本原理は、現代でも利用されている。産業革命直前のルネッサンス時代には科学の助けを借りない最後の技術発展があった。そのことは、レオナルド・ダ・ヴィンチが残した各種のアイデアや技術についての図面や説明書によって知ることができる。望遠鏡の発明はガリレオなどを地動説に導くことになり、ヨーロッパにおける宇宙観の転換の引き金になった。

2.4.3　世界を変えた動力に関する技術

蒸気機関という技術が実用化された頃から、熱力学という科学が発展した。蒸気機関の運転効率を理解するために熱力学が重要な役割を担うことが分かり、技術は科学との関係を深めていった。蒸気機関は社会や経済に大きな影響を与え、当時の先進産業国、英国の産業構造まで変えるに至り、さらにこの変化は欧州各国に広がった。いわゆる**産業革命**である。

蒸気機関のような革命的な発明（**技術革新**）も、多くの技術と同様に、手順を追った試験と改善の努力、そして試行錯誤によって成し遂げられる。このように技術の開発は漸進的であるが，一連の改善の後、革命的な発明につながることが少なくない。

2.4.4　科学と結びついた技術

技術は、科学と違い、知識だけでなく行為を伴い、それによって、周辺に対して直接、影響力を持つ。技術は科学がなくても成立するが、科学によってより合理的な扱いが可能になり、変化のスピードが増す。技術と科学の結びつきは、特に19世紀以降に強まった。電気、化学における科学上の発見が新技術の端緒(**シーズ**)となり、これが人間の要求(ニーズ)と組み合わされ、多数の新技術製品（農薬、化学肥料、医薬品など）が生み出された。これらが20世紀に入ると連続的**大量生産**、輸送・通信システム、建築、教育方法、エネルギーの効果的利用などにつながり、人々の生活を一変させた。その一方、エネルギーの大量消費は酸性雨問題や地球温暖化現象を引き起こしたとされている。

2.4.5　技術の質を変えた情報技術

電子工学技術の進歩に始まる情報技術は、高性能の**コンピューター**が安価に製造できるようになったことで大きく進展し、ものづくりの仕組みや経営のスピード、社会

そのものの在り方、社会経済まで変えるようになった。いわゆるＩＴ革命と呼ばれた現象である。一方で、「デシタル・デバイド」などの問題も生じている

2.4.6　生活を一転する可能性を秘めたバイオ技術

21 世紀はバイオの世紀と言われる。2003 年にヒトゲノムの全解読が完了し、バイオ技術はますます発展している。1953 年にワトソンとクリックがDNA二重らせん構造を発見してからちょうど 50 年後のことであった。一方で、ヒト・クローン技術、遺伝子組み換え作物の環境影響、医療技術の発達に伴う臓器移植、脳死問題など、バイオ技術と社会の間で新たな問題が起こりつつある。特に、後者の医療に係る問題については、技術のみならず社会で解決する問題である。

2.4.7　これからの社会を作る環境技術

1992 年にリオ・デ・ジャネイロで開催された地球サミットにおいて、「持続可能な発展（開発）」が提唱された。持続可能な発展に必要な環境技術の中で、日本は、酸性雨を防ぐ脱硫装置、ガソリンの消費を減らす自動車のハイブリットエンジン、クリーンエネルギーとして注目される太陽電池システム、トップランナー方式の採用による省エネルギー技術、などに強みがあると言われる。今後の技術開発においては、持続可能な社会の実現に向けた環境技術の開発・利用が期待される。

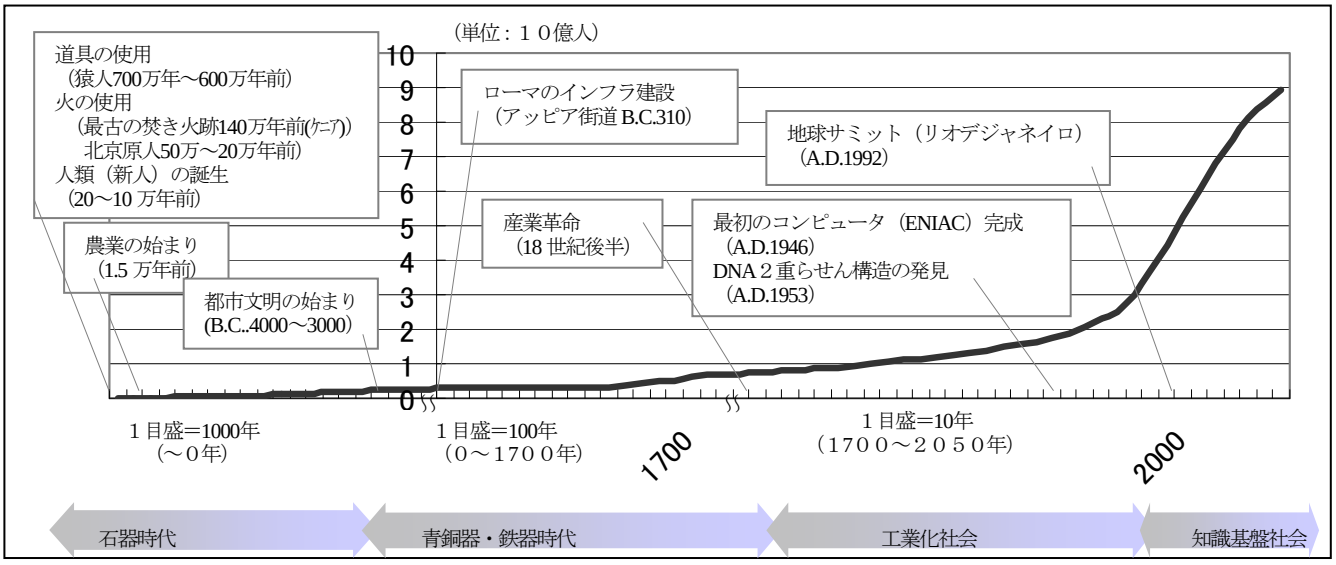


図４　（補足）人口増加と技術の発達　※図には本文に関連する出来事を中心に記述

データ：　*The World at Six Billion*（UN）など

第 3 章　技術の用語

3.1　技術用語俯瞰図

技術の知識のうち、個別知識を中心に関連する技術用語を俯瞰的に分かるように作成したのが技術用語俯瞰図（前掲）である。

図は、「利用者の立場から考える」という本報告書の方針に則って、中心に利用者を置いた。その周囲に、身の回りにある技術、日常生活において利用する技術を配置した。その外縁には、それらを支える社会システムに関する技術を配置した。さらに、その外に、地球規模、あるいは、次世代を支える技術や基本となる概念など用語を配置した。

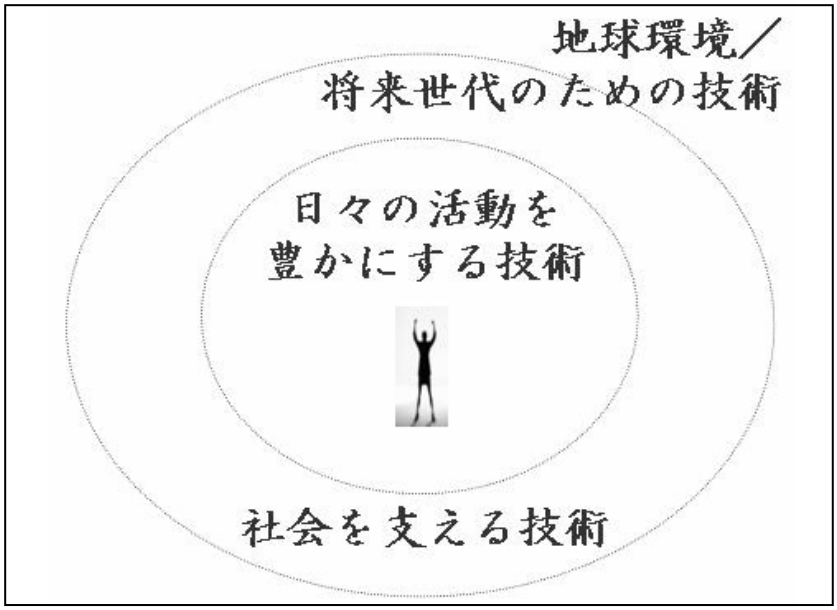


図 5　技術用語俯瞰図（構造）

これらを便宜上、「日々の活動を豊かにする技術」、「社会を支える技術」、「地球環境／将来世代のための技術」の三つに区分した。関連する用語は放射状に配置されているが、外縁部分においては抽象的な用語が多くなり、これらは全てに関係する場合もある。図中の文字は、行為や概念は大文字にし、個別用語や具体例については小文字にしてある。配置については、次節以降の技術用語の説明に合わせている。

本報告書では、人間生活の基本である衣食住に関する用語として、「食べる」、「暮らす」を取り上げることにした。また、多くの人が第三次産業で働くことからサービス産業等における技術にも触れるため「働く」を取り上げた。当然、技術用語はこれら三分野のみで説明し尽くせるものではない。しかし、技術用語を人を中心に俯瞰的に説明するという方針に従い、また、今までの技術リテラシーの説明には無かった試みとして本俯瞰図を提案する。その意味において本俯瞰図は一種のモデルであり、用語としての精選や時代にあった見直しが今後も必要である。

3.2　食べる技術

生きていくために、「食べる」技術は必須である。まず、狩猟のために道具を作る必要があった。その後、農業、牧畜を発明し、食料が安定して得られるようになり、燻製、醗酵など保存のための**加工技術**も発達した。

食べるためには、箸、椀、皿、といった様々な道具を使う。洗ったり、切ったり、火を通したり、安全に、おいしく食べるために、**調理**する。調理には手順が重要で、レシピに基づき、**作業工程**が決まっている。**食材**を揃え、**下拵え**、**味付け**、**盛付け**、食後の片付け、と順番に行う。途中まで料理されたものを購入する場合もある。**賞味期限**といった安全の基準と、**食品添加物**の使用、調理の利便性、保存期限、美味しさなどとは、それぞれが関連し、ある部分においてはトレードオフの関係にある。

現代社会では**外食**をする機会が増えた。栄養摂取のためだけでなく、食事を楽しみ、人々とコミュニケーションするために、会食の集いを開くこともある。その場合、実に多彩な技術が動員される。調理技術、材料を**調達**・**輸送**し、**保存**する技術、演出をするための服装、調度、照明、BGM（バックグラウンドミュージック）、社会のルールとしてのマナーなどである。近年では、複雑化する流通の中で、効率的な**配送計画**、**食品**の安全性を確保するために、食材の**トレーサビリティー**（生産、保管、物流、販売といった経路を明確にしておくこと）の確保が重要な技術になっている。

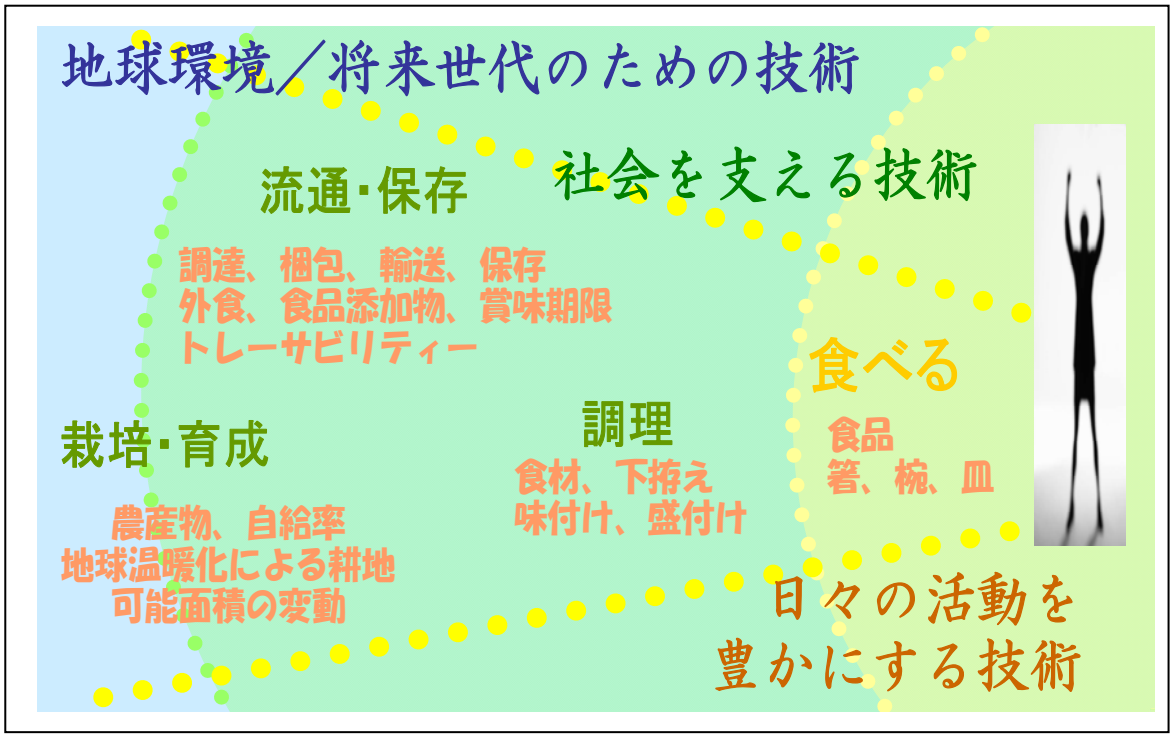


図6　技術用語俯瞰図（食べる技術に関する部分の拡大図）

食後の片付けのために、残飯・容器の**廃棄**・**リサイクル**、食器の洗浄など様々な技術が関係している。どのように処理するかは、例えば、容器の洗浄費用と**環境負荷**、廃棄／**再資源化**に関わる費用と効果など、トレードオフを勘案した上で判断する必要がある。そこでは、地域性も重要な判断要素となる。「もったいない」と言われるように、できるだけ無駄を出さない調理、**梱包**、配送、調達も求められている。

食料は、農家での栽培や畜産、漁や養殖を通して獲得される。豊かな生活の実現のために、年間を通じて同じ食材を手に入れたり、世界中の食材を手に入れたりする技術がある。一方で、その地で採れたものをその場で食べる「地産地消」の意義が注目されている。

日本は、エネルギーとともに、食糧の**自給率**が非常に低い。近年は、BSE（牛海綿状脳症）のように、海外の飼料を通じて被害がもたらされることもある。地球規模では、**世界人口の増加**、**地球温暖化による耕地可能面積の変動**、**水・エネルギー資源の枯渇**、などが問題になっている。

3.3　暮らす技術

豊かで快適な生活のために、技術は様々な人工物を生み出し、現在社会では、人は人工物に囲まれて暮らしている。朝起きてから会社や学校に出るまでの身の回りのものを想像して頂きたい。ベッド、布団、目覚まし時計、歯ブラシ、シャワー、衣服、化粧、テレビ、新聞、テーブル、食器、・・・。人工物でないものを見つけるのは難しい。居住するための空間そのもの、つまり、**住宅**である**家**も人工物である。人口が集中する都会では、アパート、マンションなどの**集合住宅**も多い。

日常生活を送るにあたって、以上のように人工物を利用しているが、それらのエネルギー源は主に**電気**であり、**モーター**によって動いたり、ICチップ（集積回路）によって制御されたり、**液晶**によって表示がされたりする。近年、電化製品の普及や、情報化の進展によるパソコンなどの普及により、一世帯あたりの電力消費量は年々増加している[注]。国の定める目標値(トップランナー基準＝省エネ基準)をどの程度達成しているか、その達成度合い(%)を示した省エネラベルなどを参考にした**省エネ製品**の

【注】一世帯あたりの電力消費量（１ヶ月あたり平均電力消費量）
1980年　185.0kWh/口　2000年　303.1kWh/口　20年間で1.64倍
電気事業連合会ＨＰより http://www.fepc.or.jp/thumbnail/zumen/1-27.html

利用や節水、断熱を含む熱の有効活用などが進められている。

一方、住居の外には、自動車など乗り物、オフィス、デパートなど商業施設などの建物（ビルディング）など別の人工物がある。そこでも、エンジン、空調、照明、LANなど情報設備などエネルギーが消費されており、発電と冷暖房を共通して行うコジェネレーションシステムといった省エネ技術が活用されている。

図７　技術用語俯瞰図（暮らす技術に関する部分の拡大図）

暮らしは、水、電気、ガスの供給といった、いわゆるライフラインと呼ばれるインフラストラクチャー技術が無ければ成り立たない。これらは、ダムや発電所から様々な経路（上下水道網、送電網、ガス供給網）を経て家庭まで供給される。

生活を支えるためにはさらに多くのインフラストラクチャーが必要である。道路や橋という交通インフラ、電話、郵便、ADSL、光ファイバーなど有線や携帯電話、ラジオ、テレビ、衛星通信など無線による情報通信インフラ、堤防、気象・地震観測、消防等防災インフラ、病院等医療施設、図書館や博物館などの文化施設といった公共施設などである。これらは、都市計画に基づき整備される。近年は、自然環境・景観への配慮、災害時の機能維持（例えば病院）を含む安全性向上、高経年化対策など、ライフスタイルや時代の変化への対応が求められている。

また、地域コミュニティーの活性化を目指して都市交通の手段を考え直したり、少子高齢化に伴って学校施設を再利用するなど、都市インフラの見直しが行われている。これらのインフラは、道路であれば自動車と信号機と交通ルール、病院であれば医療、というように、そこで利用される技術と社会規則が一体になって機能している。

暮らしを支える技術自体も様々な技術によって支えられている。日本は水資源の豊かな国とされるが、それは、山林や水田による水の保全が進んでいるからである。こ

れらは棚田などのように先人達によって人工的に作られたものである。

一方で、**エネルギー資源**には乏しく、自給率は食料と並び著しく低い。発電量のほぼ３分の１は**原子力**発電で賄われている。原子力エネルギーでは高レベル放射性廃棄物の処分やウラン資源の安定供給につながる高速増殖炉の開発など、課題もある。同じく発電の約３分の１は火力発電で供給されるが、近年、地球温暖化の原因の一つと言われている二酸化炭素の排出が問題とされている。エネルギーは保存の法則によって総量は保存されるものの、**エントロピー則**にあるように変換によってその質は劣化していく。したがって、エネルギーの有効利用可能な量は限られており、より有効な利用が技術開発に求められている。

3.4　働く技術

働くことは何か付加価値のあるものを財やサービスとして提供し、対価として報酬を得ることである。付加価値を生み出すために技術が役に立つ。技術によって物を生産したり、技術そのものをサービスとして提供したりする。日本では就業者の約七割の人が第三次産業に従事している。第三次産業には、美容理容など直接サービスを提供するものから、金融業のように複雑な社会システムの一部として機能しながらサービスを提供するものもある。

お金のやり取りをより効率的に便利に行うため様々な金融サービスがある。給与が銀行に自動的に振り込まれる。銀行やコンビニエンスストアにあるATM（現金自動預け払い機）で現金を引き出したり、**インターネット（WWW）**で購買の際にキャッシュカードで支払ったりする。このように一般市民が直接サービスを受ける場合がある。

一方、会社が銀行を通じて給与を分配したり、カード会社が決済を代行するなど、消費者へサービスを提供する会社もまた金融サービス・技術を利用しており、重層化が進んでいる。近年の様々な資金需要に応じるため高度化した金融市場では様々な債権が発行され、取引が行われる。このような金融サービスは高度な数学的知識と工学手法を活かした**金融工学**に支えられている。技術や社会がシステム化が進み、複雑さが増しているが、サービスの背後にある技術やシステムをブラックボックス化しないためにはシステムとしての理解と社会システムそのものの認識を新たにする必要がある。

企業等での生産を支える**マネジメント技術**では、伝統的な組織管理に並んで、統計学や計画学を活かした**オペレーションズリサーチ**といった技術も取り入れられている。また、**ジャストインタイム**方式など生産管理手法が郵便サービスに応用される

図８　技術用語俯瞰図（働く技術に関する部分の拡大図）

【コラム】アンケートからみた大人と子どもの技術観の違い

技術専門部会は2007年3月31日、科学技術館において「技術リテラシー像に関するアンケート調査」を実施した。ここでは、その結果のうち、大人（座談会出席者※）と子どもの技術観の違いを紹介する。

※2007.3.31「技術」シンポジウム“みんなで考える技術リテラシー”公開座談会

■大人と子どもの技術観は違う

アンケート調査では、技術観に関する質問として、「鉄筋、衣服、なべ、携帯電話、インスタントラーメン、ダム、牛肉、傘、輪ゴム、パソコン、紙オムツ、ガソリン、Suica（スイカ―補注：JR東日本のICカードの定期券/乗車券）、冷凍食品、ジェット旅客機、トイレットペーパー、風邪薬、太陽電池、ATM（現金自動預け払い機）、蛍光灯、WWW(インターネット)、携帯型ゲーム端末、エアコン、新聞、薄型テレビ、下水処理、自転車、バス、マンション、高速道路、サッカーボール、原子力発電」の32項目について、①「高度な技術（ハイテク）」、②「親しみを感じる技術」、③「これから（社会にとって）重要となる技術」と思うものをそれぞれ5つずつ選択してもらった。それをまとめたのが、次の表である。

表 技術観の比較

	座談会出席者の回答比率上位3項目	子どもの回答比率上位3項目
「高度な技術（ハイテク）」	ジェット旅客機	携帯電話
	携帯電話	パソコン
	原子力発電	Suica（スイカ）
		薄型テレビ
「親しみを感じる技術」	パソコン	冷凍食品
	なべ	衣服
	インスタントラーメン	WWW(インターネット)
	傘	エアコン
	自転車	
「これから（社会にとって）重要となる技術」	WWW(インターネット)	太陽電池
	原子力発電	携帯電話
	太陽電池	パソコン
		ガソリン
		Suica（スイカ）

注：同一の回答比率の項目が含まれているため、3項目以上掲載されているセルがある。

（座談会出席者：男性18名女性3名（専門職10名（うち技術者2名）事務・営業・販売・サービス職3名その他7名無回答1名）
子ども　：男性11名女性7名無回答7名(小学校3年生7名同4年生5名同5年生5名同6年生1名中学生1名無回答6名））

表から分かるとおり、大人（座談会出席者）と子どもでは、上位項目はほとんど一致しない。一致しているのは、ハイテクの項目で「携帯電話」、これから重要となる技術の項目で「太陽電池」だけである。この調査においては、大人と子どもで、技術の捉え方、技術へのイメージ、技術への期待など、技術観に相違があることが伺える。

■重要なハイテクは？

３つの調査項目のうち、共通して上位にあがっているものがいくつかある。大人と子どもそれぞれで比べた場合、ハイテクとこれから重要となる技術の項目には両方にあがっている技術がある。大人は「原子力発電」、子どもは「携帯電話、パソコン、Suica,」である。大人は、原子力発電にハイテクさを感じており、かつ、これからも重要な技術であると感じている。子どもは、「携帯電話、パソコン、Suica」について同様に感じている。大人も子どももハイテクな技術として共通してあげているのは「携帯電話」であるが、これからの社会にとって重要と考えているのは、子どもだけであり、大人と子どもの差が伺える。

■結び

本調査は、技術専門部会における参考資料とするために企画・実施された。調査結果は回収数、回答者の属性から判断して一般化できるものではないが、当該結果は技術専門部会での議論を大いに刺激するものであった。 今回の調査にご協力いただいた座談会出席者の方々、科学技術館を訪れた子どもたち、その保護者の方々に感謝申し上げる。

第 4 章 技術の実践

4.1　技術の方法

技術の本質は、問題を解決することにある。問題を解決するためには、いろいろなアプローチの仕方がありえる。そのため、技術には特定の方法論が無いように見えるかもしれない。しかし、問題の分析に科学的な方法が使われたり、**実験**・**試作**、実践と**検証**のフィードバックループにより新たな技術が開発されるなど、よく使われる方法論が存在する。

4.1.1　問題を試行錯誤で解く

基本的な技術の方法論は、**試行錯誤**である。どのような方法であれ目的を達成する、あるいは、問題が解決されればそれでよい。その次に、狙い通りに目的を達成する有効性、さらに無駄なく少ないコストで目的を達成する効率性が問われる。まずは、やってみて、それでうまくいったら成功、というのが技術の本質である。今日の科学的な知見に基づく技術開発を踏まえると、技術は科学的な唯一の解を基に開発されているように思われがちであるが、科学的な解が無くとも、実用的な技術はどんどん取り入れられている。何千回と繰り返す試作の結果、新たな技術が生まれることも多い。

コンピューターとそれを使った科学の発達の結果、試作の繰り返しは、シミュレーションと呼ばれる仮想実験によって代替できるようになった。試行錯誤の大幅な効率化である。シミュレーションによって、通常では連動して変化する要因を個別に変化させ、個々の影響の程度を知ることができる。また、現実には起こりえない条件で実験した場合の結果を見ることができる。シミュレーションにより概略の様子を理解したところで現実の対象について実験が行われるのが普通である。技術開発の支援ツールとしてハード、ソフトのシミュレーション手法は有用である。特に、全ての要因を考慮して事故の実験をすることはほとんど不可能であり、安全確保のためにシミュレーションが効果的である。

4.1.2　技術で最適化を図る

もう一つの基本的な技術の方法論は、**最適化**である。技術は問題解決であるので、まずは、**問題の同定**が必要である。その後、**制約条件**を検討する。Ａ地点からＢ地

点に移動するという問題を考えてみても、時間制約、費用制約、利用者の特性（車酔いをするから自動車は利用できないなど）といった制約条件や、優先順位から、電車を使う、タクシーを使う、自転車を使う、歩く、などいろいろな解の中の最適なものが決まる。ある技術がある時は最適な解だったとしても、条件が変われば、それが最適な解であり続けるとは限らない。オゾン層の破壊につながるとして問題となったフロンガスは、もともとは冷蔵庫の最適な冷媒（電気の力でものを冷やすために必要な要素技術の一つ）であった。

制約条件により最適な解決策は変わってくるということは、最適な唯一の解が存在しないことを意味する。現実には、ある条件を満足する解しか存在しない。このことに留意する必要がある。技術は前提条件が変わると最適解が変わる。真理を前提とする科学とは本質的に異なる。そのため、技術の絶対視はしばしば、不幸な結果をもたらす。

また、技術と科学の融合が進んでいるために、科学の絶対性を技術に安易に結びつける傾向がある。例えば、原子力の安全性について二重三重の制御機構が取られているが、事故は本質的に起こるものであり、事故が起きたときに、それがより重大な事故につながらないように、安全機構が機能したかどうかが評価されるべきである。しかし、日本においては、原子力は絶対に安全だという安全神話の影響で、かえって事故の有無だけで価値が判断されがちである。

このような技術の絶対視は、技術の本質に対する無理解から生じている。また、制約条件と最適化という技術方法論の理解の欠如も一因であろう。最適化という技術の方法論は、技術に囲まれた高度技術社会をより豊かに生きるために不可欠なリテラシー要素である。

4.1.3　技術は様々な方法論で支えられる

歴史的に、技術は人間の体験知として蓄積されてきた。例えば、建築などにおいては、親方の指導の下に、複雑な構造物を作り上げている。これは、親方の持つ体験知が方法論となっている。これらの体験知は、「守破離」という言葉に表されるように、次世代に伝える過程で改良が加えられていく。本人が会得したものを本人が変えていくことでしか改良が進まない。体験知を基にした進化である。街並みの形成なども、世代毎の改良が作り上げる調和の取れた技術（人工物）の進化の姿である。

体験知に基づく技術の進化は、ある時期から、体験知が設計図を通じて形式知になったことで、大きく変化した。予測可能性が増し、標準、互換性なども生まれ、効率

化も飛躍的に進んだ。これらは**設計方法論**として、いまや、技術の重要な方法論となっている。さらに、近年では、持続可能な発展のための低環境負荷、ユーザーフレンドリーな設計など、新たな概念を取り込んで発展している。

実験方法論など科学における方法論も大いに役に立つ。特に、問題を分析したり、**誤差**、事故、不具合などの原因を追求したり（**トラブルシュート**）、推論を重ねたり、**予測**や**仮説**を立てたりするのに有効である。

このほか、技術に役立つスキルとして以下のものが考えられる。

観察、記録、測定、数量化、実験、調査、文献分析、分類、比較、計量分析、図表化、データの解釈、ブレインストーミング、発想法、概念形成、推論、予測、仮説設定、仮説検証、判断、モデルの形成、模型作成、シミュレーション、図解、口頭発表、文章表現、コミュニケーション、討論、説得、など

技術や社会が複雑化していく中、**システム論**は有効な方法論である。システム論は、技術を要素技術に分解し、要素間の関係を分析、統合していき、問題の解決を図り、新たな技術を生み出す。複雑な社会において、一般の人々も普通に技術を操る必然性がでてきたことから、**マニュアル化**も一つの方法論である。特に、技術移転に大きな効果があり、技術を文書化しておくことで技術の保存も可能となる。ただし、安易なマニュアル化は、**暗黙知**である**ノウハウ**の欠落や、没個性的なサービスの提供といった問題を引き起こしやすい。

【コラム】「技術」シンポジウム　“みんなで考える技術リテラシー”公開座談会

日時　　：平成 19 年３月 31 日（土）14 時～16 時半
場所　　：科学技術館（千代田区北の丸公園２－１）
協力　　：科学技術館、（財）政策科学研究所
企画　　：技術専門部会、研究協力者（小山治,
　　山田雅文,深澤直人,豊辺将嘉）
座談会　：
（出席者）
秋元礼子　（早稲田大学理工学部 社会環境工学科）
鈴木浩　　（電気学会技術史委員，GE Energy）
永島絹代　（大多喜町立老川小学校教諭）
古田ゆかり（リビング・サイエンス・ラボ）
（司会）
小林信一　（筑波大学教授／技術専門部会副部会長）

参加者：５０名程度

■座談会での意見 - 技術について、どう考えるか
・学校では家庭と違い「分業」が教えられる
・修理現場を「危ないから」の一言で遠ざけると技術は危ないものと認識されてしまう
・力学だけでない試行錯誤でものができることに感銘を受けた
・技術は「ボタンひとつで」というように使用を意識されないように設計（進化）してきている
・人々はインターフェース（ラベルや仕様書、デザイン）と対峙しているだけである
・技術を使うことでいろいろな影響がある、右肩上がりの成長の時代ではなくなった今、結果を享受するためには技術を選択する必要が出てきた
・耐震、強度も時流によっては専門用語ではなくなり、リスクマネジメントやトレードオフの概念も社会資本整備のために一般の人々も理解する必要があるようになってきた
・走れば走るほど空気がきれいになる車というようなニーズ側からのブレークスルーや、環境問題など今困っている問題の解決など、これからの技術発展に期待している
・全米工学アカデミー（NAE）の技術リテラシーを構成する３軸（Knowledge, Capability, Way of Thinking & Acting ）は参考になる

■座談会での意見 - 技術リテラシーをどう作っていけばよいか
「どの程度技術を理解しておくべきか」
・何のために使うのか、ということから考えるべきであり、社会に対して技術はどういう意味を持つかを考えるべきである、さらに、「何を知っておくべきか」は生活の中から浮き出てくるものであり、その中に、トレードオフというような概念も含まれ得る
・生活は多様なのだから、「人類の敵、でも、私の味方」という技術もあろう。例えば、クッキングヒーターは便利だが、遠い将来、電磁波によって問題を起こすかもしれない。そこから、私の味方でしかも人類の味方という技術が生まれてもよい

「技術リテラシーはどうやって教えたらよいか、専門家と一般市民で違うのか」
・体験を通して専門家への志望が芽生える
・個別技術は専門家だけが知っていればよく、一般の人は、付き合っていく技術の選び方を知っておけばよいのではないか
・統計のトリック、「危ない」の判断、などが重要
・一般の人にとっては、「お得感」（これを知っていると得）が重要ではないか
・「知へのアクセス」が重要

■その他、会場からの意見など
・薬の誤用のように「たしなみ」どころではない生死の問題もある
・技術的知識と生活の関係付けが必要
・科学と技術の関係
・教育課程の検討状況
・科学は体系だが、技術は体系ではない、そこが技術リテラシーを考える上で重要
・技術リテラシーの報告書がまさに出発点であり、今後、国民的な運動にしていかなくてはならない

4.2　技術の利用に必要な能力

技術の利用に必要な能力とは端的に言えば、「人が豊かに暮らせるようになる」ための「問題解決能力」である。誰でも、何か問題を解こうとした時、何らかの意味で技術との関わりが出てくる。技術に関する知識と方法論を身に付け、日々の問題解決に応用することで、さらに実践的な能力が増え、技術リテラシーが豊饒なものになっていく。技術を利用するための能力には以下のようなものがある。

4.2.1　生活において必要な技術能力

働くためには、職業に応じた能力が必須である。バスの運転手であれば大型自動車の運転技術が求められる。生活の場面では、一種のデザイン能力が必要である。例えば、料理をするにあたって、片づけを含む手順を考える。住むためにも、様々な技術能力が必要になる。ちょっとした修理ができる、道具を使って効率的に掃除ができる、など生活を豊かにする技術能力はたくさんある。特に、多くの製品に囲まれて生活している現代社会では、製品に装備された機能を有効に利用できる能力や操作法や利用法に関する指示書(**マニュアル**、**取扱説明書**、**仕様書**)を理解できる能力も欠かせない。

4.2.2　生命維持に関する技術能力

根源的な問題として、生命を危険にさらさないための能力がある。一般の人は、技能者と呼ばれる優れた技術的能力によって生計を立てている人たちとは違うものの、生存のために最低限の安全に関する技術的能力は必要である。特に、技術が高度に発達した現代では様々な技術によって生命に対する新たな危機が発生している。例えば、交通事故など人工物の制御ミスにより起こるもの、薬の誤飲など複雑化する医療現場における事故などである。人間工学、設計方法論などの発達により、専門家以外でも、技術（人工物）の使用が可能になる一方で、その誤操作などによる事故も増えることが懸念される。

技術の利用にあたっては潜在的にはリスクがあり、それらを定量的に判断する態度や能力も重要である。しかし、この能力の獲得は容易ではない。自分で試してみるわけには行かないからである。他で起こった事例を我が身のこととして心の中で再構成し記憶して、状況に対応してすぐに取り出せるようにしておかなければならない。管理者責任と自己責任の間の線引きは難しい問題であるが、安全をほかの誰かに頼るのではなく常に主体性を持って周囲に注意を払う習慣を子供のときから身に付けておく必要がある。そうでなければ、全てが管理者責任となり、社会全体としてみれば、か

えってコストが膨大になる。

4.2.3　技術を評価し、管理するための能力

新たな製品を買うたびに、あるいは、何か新しいサービスを受けるたびに、誰もが技術を評価している。購入する技術の性能や効果と費用を比較し、評価し、利用するかどうかの判断をしている。評価のためには、一定の知識が必要となる場合が多い。一般的には店員や専門家のアドバイスを受けたり、様々なメディアからの情報を基に判断をしており、効率よく的確に情報を収集する能力や、理解の前提となる素養も、評価の際に必要になる。製品の不備やサービスの欠陥を指摘し、交渉する能力も求められる。

社会に参画して、適切な技術評価ができる能力も重要である。地域社会や国として技術の評価が必要な場合があるからだ。そのためには、自分の意見を適切に表現でき、発信する能力やコミュニケーション能力が欠かせない。こうした能力が求められるのは、特に、NINBY（Not In My Back Yard ゴミ処分場など公共のものだが自分の身の回りにあるはいやという住民感情（活動）を指す用語）、自然環境保護、景観保護など、身の回りの環境と技術について考えなくてはならない時である。国の政策として技術の導入の賛否の判断が求められる場合もある。

4.2.4　創造性を必要とする技術能力

歴史を振り返ると、人間は自ら問題を見出したり、市場のニーズに基づいて新しいものを開発したり、そのつど新たな技術を開発してきた。問題発見、分析、創意工夫、表現、ものづくりといった、一連の能力も、重要な技術能力である。

さらに、技術を生み出したり、選ぶ際には、単に技術の性能や効率といった観点だけではなく、倫理的判断、美的判断、個人の嗜好なども重要な基準となっていることを忘れてはならない。このうち、倫理や美的判断は、技術を開発する専門家だけでなく、消費者にも必要な能力である。

【コラム】災害時の避難所における技術リテラシー

１　はじめに

日本は地震大国と言われる。もし、あなたの地域が地震に襲われたら、そこで必要となる技術リテラシーは何であろうか。災害時の状況によって必要なリテラシーは異なるものであろう。一人で自然に近い状況の中にいる場合は、水を始めとする食料や火を確保するなどの「個人の生命保存」にかかる技術リテラシーが必要になるであろう。

ここでは、多くの個人が遭遇するかもしれない今日的な状況として大規模地震を想定し、自治体の設置する避難所運営に必要な技術を列挙する。各地域において、災害時には数週間において「公立の小学校」に「避難所」を設置することを想定し、その際に必要とされる知識・技術を「技術リテラシー」として考えてみる。その際、特別な業務に関係する知識・技術は専門家に委任することとすべきと考えた。例えば、公共事務、医療業務、通信機器の設置や補習、預貯金の引き出しなどの金融関係等の公共性や専門性の高い業務は専門家に委託するものと考えている。

２　災害時の避難所において必要な技術リテラシー

災害時に公立学校に設置される「避難所」の組織を維持運営するためには、特定組織全体で維持すべき知識技術と個別の一人一人が継承すべき知識技術は異なるが、ここではある集団全体で維持・継承すべき「技術リテラシー」を提案する。

（1）自治組織設立推進の技術（コンセンサス確立の技術）
（2）避難者生活秩序の維持管理する技術
（3）避難者の苦情・悩み等の相談を行う技術
（4）食料・飲料水・生活物資等を確保し、適性に配付する技術
　　食料、飲料水、生活物資等必要物の数の掌握、必要物の請求、
　　物資の仕分け、物資等の配給、食中毒等衛生面の配慮など
（5）衛生環境の整理・維持や生活物資等の保存・配分技術
　　衛生環境の維持
（6）情報連絡・管理技術
　　避難者用緊急電話の設置・管理、情報収集及び公報
（7）負傷者・病人、災害弱者等へ対応技術
応急処置、救急車・医療機関の連絡、災害弱者の介護、ボランティア等への要請
（8）炊き出しの支援に関する技術
　　調理室・給食室等の提供及び献立作成と調理
（9）ボランティアの運用技術
　　ボランティアコーディネーター受け入れ、配置等

【コラム】サバメシ、炊くべし！

「サバメシ」とは、サバイバルメシタキの略である。ジュースの空き缶を２つ、お釜とコンロにして、牛乳パックを燃料にご飯を炊く技のことだ。

サバメシの原点は炊飯である。そして炊飯の原点とは、生米（α状態）と水の混合物に継続的な熱を加えることによっていわゆる「ご飯」（β状態）を作り出す技術である。

炊飯をこのように考えると、それを実現するために必要な材料や技術がおのずとリストアップされる。この場合は、原材料の生米・水のほか、耐熱性がありそれら密閉できる容器とフタ、安定した加熱（燃焼）を実現するシステム、そして生米を直火で炊飯する上で必要な知識（水加減、火加減、加熱時間）である。

加熱システムの身近なものには、七輪やバーベキューセットがあるが、サバメシにおいては、アルミ缶を加工してコンロとしている。コンロ（燃焼を安定する装置）は、物が燃えるために必要な三要素をどのようにバランスさせるかがキーとなる。空気、燃えるもの、火。これらを上手く安定させるために、空気の流れ（吸気と排気）、燃えるもの（紙パック燃料）を吟味し、多数の実験を通して現在の形を得ている。

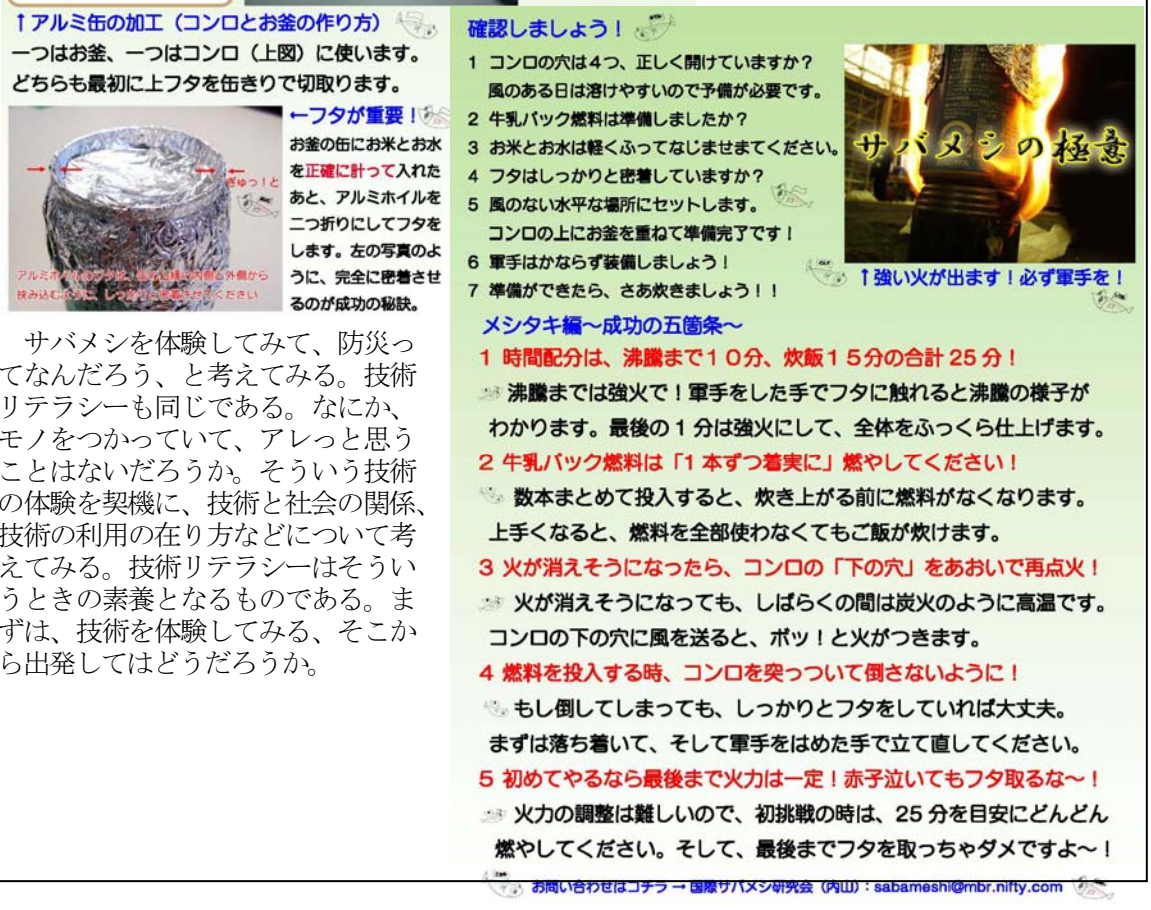
このように考えていくと、炊飯という目的を実現するために生み出されたサバメシの体験をとおして、ある普遍的な基礎技術の諸要素を修得することに繋がっていく。そこで体得しうるいく

つかの基礎技術（加工する、燃やす、炊く）は、その組み合わせを変えるだけであらたな技術を生み出しうるものであり、また、非常時においては、これとは別の材料を用いて同様の目的を達成する発想を生むために欠かせない知識であり、技術となる。あらゆる家事を、時には人間以上の仕上がりで機械が代行してしまうこの現代にこそ、こういった人間の生活の根本となる技術の再確認が重要であろう。

さらに、考案者である防災科学技術研究所の内山研究員は、国際サバメシ研究会のホームページ上で下記のように述べている。

サバメシさえ知ってさえいれば被災後の生活がどうにかなる、というほど優れたアイディアではありません。ましてや、災害に備えてサバメシの道具を準備しよう！というのは、あまりオススメできません。（中略）「サバメシ」「アルミ缶」「牛乳パック」「ご飯を炊く」、これらのとても繋がりそうにないキーワードには、サバメシを知らない人の興味を強く引く効果があります。（中略）サバメシを炊く目的は、実は単にご飯を炊くことだけではなく、「サバメシを機に、家族で、おうちの防災について考えてもらう事」なのです。

出展：国際サバメシ研究会
http://www.sabameshi.com/



サバメシを体験してみて、防災ってなんだろう、と考えてみる。技術リテラシーも同じである。なにか、モノをつかっていて、アレっと思うことはないだろうか。そういう技術の体験を契機に、技術と社会の関係、技術の利用の在り方などについて考えてみる。技術リテラシーはそういうときの素養となるものである。まずは、技術を体験してみる、そこから出発してはどうだろうか。

第５章　明日への提言

前章まで、技術の共通性格、技術の用語、技術の方法やそれを使いこなす能力、の順に、技術リテラシーの全体像を見てきた。本章では、まとめを兼ね、技術リテラシーの明日を展望してみたい。

将来を考えるにあたっては、技術そのものに関する時代認識が前提となる。今、技術はどのような状態に置かれているか、どのような可能性と課題を持っているのか。技術に関して何を考えるべきか。それらを踏まえた上で、技術リテラシーに関して今後、取り組むべき課題をまとめたい。

5.1　今、考えるべきこと

20 世紀末から、技術を取り巻く状況は大きく変わってきた。今、技術は、その長い歴史の中で過去最大の課題に直面していると言っても過言ではない。本来、世の中の問題を解決し、我々の生活を便利にしてくれるはずであった技術が、かえって様々な問題を引き起こしつつある。

かつて「成長の限界」が懸念されたものの、我々は技術によってその限界を超え続けてきた。だが今や、安易な成長ではなく、「持続可能な発展」が求められている。さらに世界各国が一様に技術を駆使し効率を競うことの是非を問う声も出てきている。

こうした中、技術は引き続き社会や身の回りの問題解決に貢献し、それによって技術自身が進化していくだろうが、同時に、21 世紀の技術はこれまでにないほど強く、社会や環境からの制限を受けるであろう。

5.1.1　イノベーションと持続可能社会の両立

21 世紀には、我々は目に見えないものを想像しながら生きていかなければならない。都会で生活を送っていると、技術の利便性ばかりが目に見えがちであるが、技術を使うことで、エネルギーを消費し、しかも地球環境に悪影響を与えるという問題を引き起こしている場合がある。我々は、こうした技術の影響をじかに見ることはできないが、それを想像する能力が必要である。

環境およびエネルギー問題は、現在の技術が持つジレンマの一つである。すでに触れた例だが、自動車の改良が進み、より快適に安全に運転できるようになった結果、

自動車を保有する人が増えている。また、燃費がよくなったために、大型車に買い替えたり、セカンドカーを保有することが進んでいる。ところが環境への負荷を考えると、個々の車ごとには環境負荷が減っていても、社会全体では環境負荷が増えるというという結果を招く。冷蔵庫やテレビといった家電の大型化も、効率や利便性を高める一方で電力消費の総量を増やすという同じジレンマを抱えている。

環境問題では現在、地球温暖化が重要視されているが、廃棄物による環境や水質の汚染、公害も依然として大きな問題として残っている。これら環境問題は、時として人の生命を脅かす。残念ながら、技術が進む一方で、現代社会は必ずしも安全・安心な状態とは言い難くなっている。

安全もまた目に見えない。安全は安心のための必要条件であり、持続可能社会を支える前提の一つである。安全を巡る問題もまた、技術のジレンマの一例である。交通事故による死傷者の数は依然として高水準である。電話や電子メール、インターネット上のサイトといったコミュニケーション技術を悪用して詐欺や犯罪が発生しつつある。医療技術の発展とともに、医療事故や薬害も起きている。

もちろん、技術が引き起こした一連の問題を解決するために、新たな技術が開発され、要所要所で効果を上げている。だが、新技術の導入が、さらに別の問題を招くという事態も起きている。前述したように、企業の製造現場では事故防止の仕組みを導入し、事故があまり起こらなくなったが、そのかわりに事故の気配を感じる訓練の場がなくなり、万一事故が起こったときにとっさの対応ができないのではないかと懸念されている。

以上述べてきた技術の問題は、技術が登場した当初からあったことだが、21 世紀に入った今、これまでにない段階に突入したと言わざるを得ない。それは、人口増に伴うエネルギー消費増や廃棄物の増加が、地球環境が耐えうる限界を超えたのではないか、ということである。

これは、技術の利用を進めていくにあたり、個々の利用者・消費者の利便性や、個々の企業の成長や利益のみを追求するだけでは済まなくなったということを意味する。環境問題を踏まえれば、視野を地球規模に広げ、その中で最適な技術利用とは何かを、個々人と企業が選択していかなくてはならない時代に入った。言い換えれば、社会が技術を管理することが、今までの時代以上に求められている。

すでに社会を主語とする、技術利用の試みが始まっている。すなわち、「技術が社会に・・・といった影響を及ぼす」ではなく、「私たちが、技術を・・・する。社会が技術を・・・する」という発想である。日本においては、家電リサイクル法などの

施行に伴い、様々なリサイクルの仕組みを、製品の設計段階から取り込むようになっている。これからの技術開発にあたっては、単なる利便性や楽しみを提供するだけでなく、人類社会への影響を考え、人工物のライフサイクル全体を考慮して、設計しなくてはならない。

さらに、そのような設計を後押しするインセンティブや報酬制度の確立が急務である。日本社会の場合、建築分野などで見られる、事業規模に比例して設計料を支払う慣行や、医療報酬における薬価制度といった、報酬制度が市場をゆがめ、最適なサービスが提供されていない可能性があるとの指摘もある。技術と社会は密接に関係しており、技術と社会の両方を見据えたインセンティブや報酬制度の設計が必要になっている。

昨今、企業に対し、様々なルールが課せられ、ルールを破った企業に対するペナルティはこれまで以上に厳しいものになりつつある。これは、社会が技術を管理する方法の一つと言える。例えば、法令順守（コンプライアンス）に関する意識改革の動きとして、日本経済団体連合会は「企業行動憲章」を定めた。各種の安全基準や知的財産の尊重も必要である。技術の規格や基準を定めることが技術を共用するために極めて効果的の方法であることは既に述べたが、社会のためにも規格・基準を守ることが必要な時代になった。

当然、技術の担い手である一人ひとりの技術者もまた、こうしたルールを守らなければならない。ただし、法律があるから守るという受け身の取組みではなく、社会にとっての技術という視点と技術者倫理を持って活動し、おのずとルールも守るというプロフェッショナルとしての前向きな姿勢が望まれる。

5.1.2　グローバリゼーションと豊かな社会のトレードオフ

21 世紀の技術が直面している、新たな問題はもう一つある。グローバリゼーションがもたらす利点と欠点をどうバランスさせるかである。

グローバリゼーションはまさに技術の賜物である。航空機や船舶によって、人は容易に世界各国へ移動でき、大量の物資を動かせる。インターネットを使えば、世界各国の人々がほぼ瞬時に、電子メールをやり取りしたり、取引することができる。

ICT（情報コミュニケーション技術）の進歩によって、人々の世界的な交流が現実のものとなった。インターネットを介して、地球環境問題などを全世界の人が討論する会議が開催されている。小国の小企業がインターネットの電子商取引システムを通じて、世界各国とビジネスすることもできる。動画像を通じて各地の様々な文化に触れ、

新しい文化を知る経験が、自分の家にいながらにして可能になった。

一方、グローバリゼーションには負の側面もある。人の移動が簡単になった反面、感染症が短期間で世界中に蔓延する危険が生じている。ICTにより、デマや誤った情報があっという間に全世界に広がってしまうこともある。経済合理性のみを追求した国際的な分業を進めた結果、自国の伝統産業や農業などを崩壊させてしまう国もある。国際的大企業が世界中に進出し、どこの国のショッピングモールにいっても同じ店ばかり、といった均質化も起きてくる。また、グローバリゼーションに伴う西欧化への反発が、世界各地の紛争の原因の一つになっているとも言われる。

技術は今後もグローバルな社会との直接的な関係を強め、社会の制度と密接に関連した存在であり続ける。技術がもたらす副作用をおさえ、さらなる豊かな社会を目指してイノベーションを進めるためには、現場にいる当事者が、自らの技術リテラシーを総動員し、これから起こることを想像し、自ら判断しなくてはならない。その時、どのような選択が適切かを判断するのは、まずは自分自身である。たとえ周囲の人や専門家の助言をもらうとしても、他者に全面的に判断を委ねてはならない。専門家の「科学的合理性」に基づく判断のみならず、できる限り多くの人々が参加することによる「社会的合理性」に基づく、多面的な技術評価や判断が必要になろう。そこでは、本報告書で再三強調した通り、専門家ではない、一般の利用者の技術リテラシーの質の高さが問われることになる。

5.2　これから取り組むべきこと

5.2.1　未来像を描く

技術を左右する決め手が設計（デザイン）にある以上、技術が社会に与える問題を解決するカギもまたデザインにある。まず、持続可能かつ豊かな社会を構想（デザイン）し、そのために求められる技術を設計（デザイン）しなければならない。

これは大変に困難なことである。歴史をひもとく限り、何らかの明確な社会像が先にあって技術が作られた例はあまりない。もちろん、発明者は世の中を便利にしたいと願い、その便利な社会を想像したであろうことは疑いない。しかし、眼前にある世の中が当たり前だと思っている状態で万人が明確な未来の社会像を共有することは困難であろう。現代のインターネットや携帯電話などを、数十年前に想像できただろうか。長い歴史の積み重ねの中で、その時々の時代の要請や偶然などが相まって新技術が生まれ、それが社会に影響を与え、また社会が技術に影響を与えるという複雑な過

程を経て、社会と技術は今日に至っているからである。

だが、技術が過去にない課題に直面している今、過去にない新たな挑戦が必要なのではなかろうか。前節で見たように、エネルギー、環境、食糧など深刻な問題がせめぎあいながら迫っている今日、社会は逼塞感に覆われつつある。このような現代社会にあってこそ、どのような社会、新たな文明を創り出すかという社会の未来像を提示し、その理想に向かうために、厳しい現状を真正面から見据え、苦しくとも問題解決に挑戦していく必要がある。

当然これは、我が国だけの課題ではなく、世界共通の課題である。環境、グローバリゼーション、21 世紀の豊かさ、といったキーワードに基づき、世界の人々が社会の未来像を考え、それを創り出す活動に着手しなくてはならない。技術リテラシーは、そのための共通言語の役割を担うべきものである。つまりグローバルな協力の下に、技術リテラシーに関わる活動を、社会や世界の未来像を創り出す活動に発展させていくことが望まれる。

技術と社会は密接な関係にあり、社会が変われば、当然、技術も変わり、技術リテラシーに含まれる技術知識も変わってくる。その結果、技術リテラシーを改訂していくことになるが、将来の社会像があれば、先取りする形で、技術リテラシーを充実できよう。

万人が知っておくべき公約数としての技術リテラシーに盛り込まれる知識は増える方向にある。遺伝子組み換え技術など、新たな知識の習得なしに評価することは困難な新技術も多く生まれているからである。社会がどのような技術を選択するかという決定に、利用者など非専門家が関与し、要望や意見を表明しなければならない機会も増えるであろう。また、技術が進み、製品がどれほど使い易くなったとしても、同時に過剰なほどの機能が装備されている現実を見る限り、技術が進んでも個人が身に付けるべき技術知識が減る方向には向かわないと思われる。

ただし、技術リテラシーのうち、個別の技術知識ではない、技術の共通の性格や技術に関する方法論などは、今後も公約数として、変わらないはずである。デザイン、トレードオフ、といった技術を使いこなすための基本部分は、個別技術がどのように変化しても、引き続き有用である。

したがって、将来の社会をデザインするにあたっても、問題を定義し、解決策を考え、探求し、行動していくという、技術に関する方法論はそのまま利用できる。技術リテラシーを充実させる前提として、社会の未来像をデザインすべきだが、そのデザインにあたっても技術リテラシーが必須なのである。

未来像のデザインにあたっては、あらゆる利用者と技術者・専門家の参画が欠かせないが、ここでは技術者の重要性を強調しておきたい。今後の社会をデザインする役割を担う人々には、科学や技術の原理・原則、社会や文化とそこに生きる人間への洞察、倫理観が求められる。技術者もまた、一人の生活者である。技術者が技術知識と技能を充実させるだけでなく、社会全体の最適を考えるための思索と実践に時間を費やしていくことが、社会の未来像のデザイナーを増やす有力な手だてである。また、技術者の重要性を、技術の利用者や消費者が改めて認識することも大切である。

未来は、我々一人ひとりが創り上げていくものである。どういう未来にして行きたいか、どういう未来をデザインしたいか、一人ひとりが立ち止まって考える時期にあるのではないだろうか。未来を構想するために、ぜひ、技術リテラシーを身に付けて、明るい豊かな未来をデザインしてみてはいかがだろうか。

5.2.2　日本の技術を育て生かす

社会の未来像を描き、必要な技術を設計し、諸問題に取り組んでいくにあたって、日本の技術の特徴を考慮していくことが大事である。自国の特徴を生かした技術を持つことは、社会に適合した技術システムを発展させることにつながる。それだけでなく、自国の特徴を生かした技術を、世界の問題解決に役立てることで国際貢献につながり、同時に国際競争力の観点からも重要である。こうした取り組み姿勢もまた、技術リテラシーの範疇に含まれる。

技術はその本質において普遍性・中立性を備えるものの、技術が人間によって実現されることを考えると、その応用や利用にあたっては、各国の社会や文化の特徴、自然観、人間関係などが反映され、各国なりの技術を持つことになる。世界全体の技術水準を引き上げていくために、技術の多様性と各国の切磋琢磨が不可欠である。こうした観点からは、たたら製鉄によって造られる伝統的な和釘が、現代の製鉄技術でも実現が難しい高純度の鉄でできているといった、伝統工芸の中に隠されているハイテクに注目するべきである。同様に、オルタナティブ・メディシンも技術の多様性の観点から注目されている。

西洋生まれの科学と技術を一気呵成に取り入れ、豊かな国となった日本に、独自の技術が残っているのだろうか。近代化以前において、西洋と日本において技術システムは違った発展を遂げ、日本で独自に発展した技術は今日でも日本社会の基底にある。それらの再認識が今、求められている。

例えば、仕立て直すことで繰り返し着られる「きもの」は、世代を超えて、日本の

暮らしぶりの記憶を伝えることができた。繰り返し着られた「きもの」は、最後に布巾や雑巾、昔であればおむつとして利用された。極力、自然に近いままの人工物として身に付け、さらに徹底したリサイクル、リユースを実践していた日本の「着る技術」は、今日の世界においても意義深いものの一つであろう。こうした日本の考え方は、“MOTTAINAI”という国際語になろうとしている。

また、日本はかつて、森林と共存する文化と技術を持っていた。木を守り、木を植える文化と技である。日本の豊かな水資源、水産資源は、森を育ててきたからこそのものだと言われる。伊勢神宮の式年遷宮は、森林を守ること、技術を伝承することで、技術と文化の保存を可能にした。八岐大蛇の伝説の中で、大蛇を退治したスサノオノミコトは植林を行った神様でもあった。ちなみに、この伝説は、当時のたたら製鉄と氾濫する斐伊川を表していると言われる。

現代においても、“KAIZEN”で知られるトヨタ自動車の生産方式（ジャストインタイム）のように、日本から世界に発信されている技術の体系もある。

日本の技術が持つ特徴については、ソニーのウォークマンに代表される小型化、ロボットに名称を付けて呼ぶといった人間モデル化のほか、精密性、伝承性、高品質（消費者の要求の高水準化）などが指摘されている。これらが日本独自のものであるかどうかはともかく、こうした特徴の源は、穏やかな自然の中で育まれた自然と人が一体になっている自然観、茶道や武士道の「道」、からくり人形や和算を支えた文化、などに求めることができるだろう。ただし、歴史上の事柄の関連を検討する際には、検討する時代の歴史観に影響を受けることから、慎重に行う必要がある。

日本の特徴ある技術を育て、生かしていくにあたって、留意すべきことに、言葉の問題がある。西洋生まれの技術については、最近では外来語をそのまま使って、取り入れる例が多いが、明治以降、西欧の近代産業技術を移転する際には、外来語を日本語に翻訳して取り入れてきた。そのおかげで、日本語で技術の教育訓練ができ、初等・中等教育の教育レベルの者を技術の専門家として養成することを可能とした。このことが、西洋の技術の取り入れ、普及、改良などにおいて多いに効果を上げてきたと言われる。

言葉の問題を追及していくと、最終的には西洋文化と日本文化の対峙という、大きなテーマに突き当たる。西洋文化に根差した西洋技術を日本に、日本文化に根差した日本の特徴ある技術を世界に、それぞれ本当に持っていけるのか、という問いである。単に日本の特徴をアピールするだけではなく、こうした点まで配慮する姿勢も求められる。

このような日本の技術の特徴は、持続可能な社会の実現に向けて、大いに役に立つ可能性がある。日本の文化や社会から生まれた技術や「MOTTAINAI」「KAIZEN」などの概念を世界に向けてアピールし、一方で、各国の文化や伝統を尊重した協力が可能であれば、それによって、世界共通の問題が解決できる可能性が広がる。そのときには、前述の未来像や新たな文明像が必要となるだろう。そこでも共通の言語となるのは、技術リテラシーなのである。

5.3　行動計画

本報告書では、豊かな社会を今後も維持し、発展させるためには、技術に対する舵取りが欠かせず、そのために、人々が公約数としての技術リテラシーを持つことが不可欠であると繰り返し述べてきた。最後に、技術リテラシーを多くの人に身に付けてもらう行動計画を述べる。

何と言っても、本報告書の内容を多くの人に読んで頂くことが重要である。そのためには、書籍としての出版に加え、インターネット上の公開といった技術の利用が欠かせない。

次に、読者の方からフィードバックを頂き、報告書そのものを改善していきたい。とりわけ、第2章と第3章で、その一部を紹介した、利用者の視点による「技術用語俯瞰図」とそれに基づく技術用語集を充実させていきたい。技術は時代によって変化していくため、俯瞰図や用語集が完成することはないが、不足している用語を追加するとともに、将来の社会を考え、未来の若者にために必要となる用語や記述を定期的に見直す活動を続けていきたい。

並行して、英語版を準備し、グローバルな場で意見をもらう体制を整備したい。米国では、技術リテラシーの体系をまとめるプロジェクトが実施され、成果として“Standards for Technological Literacy”が出版されており、本報告書もこの先達の試みから多くを学んでいる。その上で、本報告書の独自の技術俯瞰図などを打ち出している。ぜひ俯瞰図についても世界の意見を盛り込んでいきたい。

報告書の拡充にあたっては、利用者、技術者双方の協力をぜひお願いしたい。技術の利用者の方々には、用語や記述を吟味していただき、さらに利用者の視点からご意見、ご批判をお願いしたい。技術者の方には、自身の専門技術を、利用者の方々が分かるように記述する活動を期待している。技術の魅力や可能性を分かりやすく発信することは、技術者の責任の一部である。

本活動報告書が、利用者と技術者の相互交流の触媒になるなら、これほど嬉しいこ

とはない。利用者と技術者の交流の場を発展させ、我々は技術によってこれからどのような社会を作っていくのか、新たな社会像を打ち出すことに取り組んでいきたい。これはグローバルな活動になるであろう。

技術が抱えている問題に比べ、当面とるアクションは誠にささやかではあるが、「千里の道も一歩から」という。一歩一歩、改善していきたい。

参考文献

１．技術リテラシーに関する文献

ITEA、Technology for All Americans : A Rationale and Structure for the Study of　Technology Standards for Technological Literacy、ITEA、1996
ITEA、Standards for Technological Literacy、ITEA、2000
ITEA、国際競争力を高めるアメリカの教育戦略：技術教育からの改革、(株)教育開発研究所、2002
ITEA、Advancing Excellence in Technological Literacy: Student Assessment, Professional Development, and Program Standards、ITEA、2003
Johnson, James R、Project 2061 Panel Report: Technology、AAAS、1989
NAE、Technically Speaking: Why All Americans Need to Know More About Technology、NAE、2002
桜井宏、社会教養のための技術リテラシー、東海大学出版会、2006.07

２．科学技術一般に関する文献

相川春喜、技術論入門、三笠書房、1942.01
アーノルド パーシー (林武,東玲子(訳)) 、世界文明における技術の千年史―「生存の技術」との対話に向けて、新評論、2001.06
飯田賢一、一語の事典　技術、三省堂、1995.12
石井威望、日本人の技術はどこから来たか、PHP研究所、1997.11
市川惇信、暴走する科学技術文明-知識拡大競争は制御できるか-、岩波書店、2000.04
ウルリヒ・ベック、危険社会-新しい近代への道-、法政大学出版局、1998
エドワード・テナー(山口剛,粥川準二(訳))、逆襲するテクノロジー-なぜ科学技術は人間を裏切るのか-（Ｗｈｙ　ｔｈｉｎｇｓ　ｂｉｔｅ　ｂａｃｋ．)、早川書房、1999.03
大輪武司、技術とは何か、オーム社出版局、1997.04
岡邦雄、科学思想史、三笠書房、1947.01
小川正賢、「理科」の再発見、（社）農山漁村文化協会、1998.09
奥田栄、科学技術の社会変容、日科技連、1996.3
科学技術振興機構研究開発戦略センター 編、科学技術と社会、丸善プラネット、2006.04
金森修,中島秀人、科学論の現在、勁草書房、2002.04
小林傳司 編、公共のための科学技術、玉川大学出版部、2002.11
小林傳司、誰が科学技術について考えるのか、名古屋大学出版会、2004.01
小林傳司、トランス・サイエンスの時代、エヌティティ出版、2007.06
小宮山宏 、地球持続の技術 (岩波新書) 、岩波書店、1999.12
三枝博音、技術の哲学、岩波書店　岩波全書 152、1951.12
佐々木亨、技術論論争と技術教育、1976.08
ジョン・ザイマン(村上陽一郎,他(訳))、縛られたプロメテウス、シュプリンガー・フェアラーク、1995.12
ジョン・ザイマン(東辻千枝子(訳))、科学の真実、吉岡書店、2006.02
竹内啓,佐久間章行 編、高度技術社会のパースペクティブ―新しい科学技術文明の構想、丸善プラネット、1995.07
竹内啓 編、学振新書 23　高度技術社会の展望、日本学術振興会、1996.12
武谷三男、辯証法の諸問題、理學社、1946.11
戸坂潤、技術の哲学、時潮社、1933.12
富山和子、水と緑と土―伝統を捨てた社会の行方、中央公論新社、1974.01
鳥井弘之、科学技術文明再生論、日本経済新聞出版社、2007.01
中島秀人、日本の科学／技術はどこへいくのか、岩波書店、2006.01
中村静治、技術論論争史　上, 下、青木書店　青木現代叢書、1975.01-09
中山茂、科学技術の国際競争力、朝日新聞社出版局、2006.02
星野芳郎、技術論　星野芳郎著作集第１巻,第２巻、勁草書房、1977.03-1978.07
三木清、三木清全集第８巻　構想力の論理、岩波書店　岩波全書 152、1967.05
村上陽一郎、科学の現在を問う、講談社、2000.05

村上陽一郎、文化としての科学／技術、岩波書店、2001.04
村上陽一郎、安全と安心の科学、集英社、2005.01
村上陽一郎、工学の歴史と技術の倫理、岩波書店、2006.06
吉谷豊、日本的技術の模索、アグネ、1980.03

３．技術教育に関する文献

David Layton 、Innovations in science and technology education vol.1、UNESCO Publishing、1994
David Layton 、Technology's challenge to science education、Open University Press、1993
黒川篤、設計という名の問題解決、オーム社出版局、1997.11
ジョン・ペンフォールド(織田芳人(訳))、クラフトーデザインーテクノロジー、玉川大学出版部、1993.12
田中喜美（研究代表者）、H9 科学研究費補助金（基盤研究A）成果報告書
「国民教育におけるテクノロジー・リテラシー育成の教育課程開発に関する総合的比較研究」、国立教育研究所、1993.03
名取一好（研究代表者）、H13.3 中学校技術科教育における実践事例の分析と総合的な学習への展開に関する研究、国立教育研究所、2001.03
西村俊夫、デザイン・プロセス理論に基づくものづくり教育の構築（Ⅰ）－日本のデザイン教育の検証とデザイン・プロセス理論－、上越教育大学研究紀要、1998.09
日本学術協力財団 編、２１世紀を展望する新教育課程編成への提案－理科教育、数学教育、技術教育、情報教育－、大蔵省印刷局、1996.06
日本産業技術教育学会、２１世紀の技術教育、日本産業技術教育学会、1999.08
日本産業技術教育学会、技術教育の理解と推進のために、日本産業技術教育学会、2003
村田昭治(監修),木村誠,山崎貞登(編著)、イギリスにおける教育改革と技術教育のカリキュラム、開隆堂、1995.09
吉田武夫、デザイン方法論の試み、東海大学出版会、1996.09
渡辺兵力、農業の技術　－技術論・ノートー、養賢堂、1985.03

４．リテラシー一般に関する文献

E.D. Jr. Hirsch(中村保男(訳))、教養が国をつくる（Culutural Literacy　What Every American Needs To Know 1987）、TBSブリタニカ、1989.02
E.D. Jr. Hirsch,Joseph F. Kett, James Trefil、The New Dictionary of Cultural Literacy　the 3rd　Edition、Houghton Mifflin Company、2002
国立国語研究所「外来語」委員会、「外来語」言い換え提案、国立国語研究所
ドミニク・S・ライチェン,ローラ・H・サルガニク(編著)(立田慶祐(監訳),今西幸蔵,岩崎久美子,猿田裕嗣,名取一好,野村和,平沢安政(訳))、キー・コンピテンシー　国際標準の学力をめざして　ＯＥＣＤ　ＤｅＳｅＣｏコンピテンシーの定義と選択、明石書店、2006.05
ペルセポリス宣言、http://portal.unesco.org/education/en/ev.php-URL_ID=12537&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html、1975.09
ユネスコ総会、教育統計の国際的標準化に関する改正勧告、ユネスコ、1978.11※文部省による仮訳

※報告書中の図における画像データは以下のサイトのフリー素材を利用した。
studio md　　: http://studiomd.jp/
TRE　　: http://www13.plala.or.jp/Extended-Range/index.html
2000 ピクセル以上の
フリー写真素材集　: http://sozai-free.com/index.html
BB-WAVE　　: http:// bb-wave.biglobe.ne.jp/ppt

技術専門部会名簿

丹羽　冨士雄	政策研究大学院大学大学院政策研究科	教授
小林　信一	筑波大学大学研究センター	教授
伊藤　順司	（独）産業技術総合研究所産業技術アーキテクト／イノベーション推進室	室長
大河内　信夫	千葉大学教育学部	教授
佐々木　葉	早稲田大学理工学術院	教授
高安　礼士	千葉県総合教育センターカリキュラム開発部	部長
田代　英俊	（財）日本科学技術振興財団／科学技術館企画広報室	次長
中村　正和	（株）日鉄技術情報センター	特別研究員
名取　一好	国立教育政策研究所教育課程研究センター基礎研究部	総括研究官
谷島　宣之	日経 BP 社	編集委員
山崎　貞登	上越教育大学生活・健康系（技術）講座	教授
元村　有希子	毎日新聞社科学環境部［オブザーバー］	記者

索　引

（技術に共通の性格）

技術	17	ブラックボックス化	20
問題解決	17	保守	20
人工物	18	製品	20
資源	18	改良・改善	20
エネルギー	18	品質管理	20
道具	18	デザイン（設計）	21
動力	18	ライフサイクル	21
共進化	18	チューニング（調整）	21
トレードオフ	18	発見	21
性能	18	発明	21
コスト	18	安全確保	21
安全性	18	安全基準	21
選別	18	不確実性	21
システム	19	安全率	21
サブシステム	19	耐用年数	21
入力	19	リスクゼロ	21
出力	19	フェイルセーフ	21
プロセス	19	フールプルーフ	21
フィードバック	19	人間工学	21
フィードバックループ	19	シミュレーション	22
修繕	19	技術開発	22
点検	19	イノベーション	22
信頼性	19	市場化	22
冗長性	19	開発プロセス	22
ロバスト	19	技術移転	23
システム思考	20	知的財産権	23
ソフト技術	20	テクノロジーアセスメント	24
コントロール（制御）	20	環境アセスメント	24
マネジメント（管理）	20	環境規制	24

自動化 20
科学技術 26
科学 26
マーケティング 27
市場 27
ニーズ 27
新製品・サービス 27
分業 27
単位 27
互換性 27
規格 27
標準 27
デファクトスタンダード 27
基準 27
特許 27
技術の倫理性 27
パブリックアクセプタンス 28
技術リテラシー 28
文明 30
都市 30
インフラストラクチャー 30
産業革命 31
技術革新 31
シーズ 31
大量生産 31
コンピューター 31
IT 革命 31
バイオテクノロジー／バイオ技術 32
クローン技術 32
遺伝子組み換え 32
持続可能な発展／持続可能な開発 32
トップランナー方式 32
加工技術 34
作業工程 34
調達 34
輸送 34
保存 34
配送計画 34
トレーサビリティー 34
廃棄 35
リサイクル 35
環境負荷 35
再資源化 35
梱包 35
電気 35
水 36
ガス 36
エネルギー資源 37
インターネット（WWW） 37
実験 40
試作 40
検証 40
試行錯誤 40
最適化 40
問題の同定 40
制約条件 40
優先順位 41
設計方法論 41
実験方法論 42
誤差 42

クリーンエネルギー 32
トラブルシュート 42

予測 42
仮説 42
システム論 42
マニュアル化 42
暗黙知 42
ノウハウ 42
マニュアル 44
取扱説明書 44
仕様書 44
ものづくり 45

（個別用語）

調理 34
食材 34
下拵え 34
味付け 34
盛付け 34
賞味期限 34
食品添加物 34
外食 34
食品 34
自給率 35
世界人口の増加 35
地球温暖化による耕地可能面積の変動 35
水・エネルギー資源の枯渇 35
住宅 35
家 35
集合住宅 35
モーター 35
液晶 35
省エネ製品 35
節水 35
断熱 35
エンジン 36
ライフライン 36
上下水道網 36
送電網 36
ガス供給網 36
道路 36
橋 36
光ファイバー 36
携帯電話 36
都市計画 36
自然環境・景観への配慮 36
高経年化対策 36
原子力／原子力エネルギー 37
エントロピー則 37
金融工学 37
マネジメント技術 37
オペレーションズリサーチ 37
ジャストインタイム 37
エンジニアリング 37
生産性 38
効率 38
リスク管理 38
プロジェクトマネジメント 38

コジェネレーションシステム	36	CSR	38
コンプライアンス	38	太陽電池	俯瞰図
MOT	38	風力発電	俯瞰図
農産物	俯瞰図	電磁波	俯瞰図
測量・地図	俯瞰図	研究開発（R&D）	俯瞰図
インフォームド・コンセント	俯瞰図	流通システム	俯瞰図
箸	俯瞰図	プロトタイプ	俯瞰図
椀	俯瞰図	機械	俯瞰図
皿	俯瞰図	原動機	俯瞰図
ホームページ	俯瞰図	ロボット	俯瞰図
光通信	俯瞰図	ものさし	俯瞰図
OS	俯瞰図	センサー	俯瞰図
アプリケーションソフト	俯瞰図	分光	俯瞰図
視覚化技術	俯瞰図	裁縫	俯瞰図
情報化技術	俯瞰図	絹	俯瞰図
携帯電話	俯瞰図	綿	俯瞰図
バーチャル（仮想）	俯瞰図	ナイロン	俯瞰図
CG	俯瞰図	意思決定	俯瞰図
発電	俯瞰図	アフターサービス	俯瞰図
腐食	俯瞰図	製造物責任	俯瞰図
3R	俯瞰図	ネットワーク	俯瞰図
プラスティック	俯瞰図	経済性	俯瞰図
位置エネルギー	俯瞰図	期待値	俯瞰図
熱エネルギー	俯瞰図	コミュニケーション	俯瞰図